ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 NOVEMBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président**, en annonçant la mort de M. *Backlund*, s'exprime en ces termes :

M. **Oscar Backlund**, Directeur de l'Observatoire de Poulkovo, né en Suède en 1846, était depuis 1895 Correspondant de notre Académie dans la Section d'Astronomie.

La théorie des perturbations planétaires l'avait particulièrement occupé. Son œuvre principale est l'étude approfondie de la comète célèbre observée pour la première fois par Méchain en 1786, retrouvée par Pons en 1819 et dont Encke établit le caractère périodique. Les anomalies de son mouvement semblaient déceler la présence d'un milieu résistant dans les régions voisines du Soleil.

Il résulte des recherches de M. Backlund que ce milieu résistant, au lieu d'être continu, comme on l'avait supposé, serait localisé dans certaines régions. Son analyse fournit également une nouvelle détermination de la masse de Mercure.

ASTRONOMIE. — *Sur une ancienne observation d'éclipse de Soleil faite à Paris en* 1630. Note (¹) de M. G. **Bigourdan**.

En indiquant les anciennes observations astronomiques faites à Paris dans la première moitié du XVIIᵉ siècle (²), nous n'avons pas mentionné celle

---

(¹) Séance du 6 novembre 1916.

(²) Voir page 55 de ce Volume.

faite par Gassendi de l'éclipse de Soleil du 10 juin 1630, sur laquelle nous avions peu de renseignements.

Or il existe à notre Bibliothèque nationale (manuscrits) (1) une observation anonyme de cette éclipse faite manifestement à Paris et qui doit être celle même de Gassendi (2).

La relation de cette observation, d'une écriture de copiste, est donnée sous forme de lettre; elle est intéressante en ce qu'elle indique, jusque dans le détail, les préparatifs matériels et la manière d'observer de l'époque. C'est d'ailleurs le même procédé que Gassendi employa l'année suivante, pour l'observation du célèbre passage de Mercure du 6 novembre 1631.

M.

Puis que vous dezirez sçavoir les particularitez de mon observation touchant l'Eclipse du Soleil arrivée le *x* de ce mois, les voicy.

J'avoy preparé un Quart de cercle de cuivre d'un pied de demy-diametre, l'arc exactement divisé en degrez et sixiesmes de degrez avec ses plomb et pinnules, et avois instruit un de mes amis a le remuer sur son pied, pour prendre la hauteur du Soleil sur l'horizon lors qu'il seroit necessaire, afin de sçavoir precisement les moments du temps.

J'avoy aussi preparé une asses bonne lunette de longue veüe et l'avoy appliquée sur un pied capable de luy donner tous les mouvemens necessaires, et l'arrester aux points qu'il seroit besoin.

J'avoy encore collé du papier bien blanc sur un ais poly, et y avois tracé un Cercle, dont le diametre estoit de deux pieds de Roy moins deux poulces. J'avoy divise ce diametre en 12 parties esgales, ou doigts, et chasque doigt en 60 minutes. J'avoy aussi divisé l'une, et l'autre des moitiés du cercle en 180. parties esgales, ou degrez, avec sousdivision en degrez, et quartz de degrez, commençant dez l'intersection faite par le diametre du costé du premier doigt.

Je m'estoy enfermé avec un petit nombre de mes amis dans un lieu dont nous avions exclus autant qu'il nous avoit este possible toute sorte de lumiere, excepte celle qui passoit a travers ladite lunette. Mais ce qui me feit de la peine fust qu'ayant bouché la principale fenestre avec des simples couvertures, sans avoir preveu le vent qui se devoit eslever, Nous ne peusmes apres si bien arrester lesdites couvertures pendant l'observation, que le vent ne les boursoufflast, et par ce moyen feit bransler la Lunette, qui passoit a travers, pour prendre en dehors les rayons du Soleil.

La Lunette adaptée, et y ayant tousjours quelqu'un aupres pour la remuer, et tenir tousjours directement opposée au Soleil, je recevoy au loin dans ledit Cercle porté sur un chevalet les rayons qui passoint a travers, en approchant, reculant et biaisant l'ais jusques a ce que le cercle fust entierement et precisement ramply. Au mesme

(1) *Bibliothèque nationale*, Manuscrits de la collection des *Cinq cents de Colbert*, nº 484, fº 403.

(2) Comparez Gassendi, *Opera*, t. I, p. 687, 694; t. VI, p. 39.

temps et en autre lieu mais toutesfois en oüye estoit disposé celluy qui suivoit avec le susdit Quart de cercle la hauteur du Soleil. Nous continuasmes en ces termes avant le commencement de l'Eclipse (et afin de ne le point manquer) environ une petite heure.

En fin a mesure que la Lune commença a cacher le Soleil, nostre Cercle representant le Soleil fust entamé par l'ombre de la Lune. Je criay aussi tost a nostre homme qu'il marquast le point de la hauteur que le Soleil avoit alors. Il me respondist qu'elle estoit de 14 degrez et demy. J'y accouru d'abbord, remuay l'instrument, remis les pinnules en leur point et trouvay qu'il avoit bien observé.

Ayant despuis calculé l'heure par ceste hauteur j'ai trouvé que l'eclipse avoit *commencé a* 6 *heures*, 16 *minutes*.

Apres ce commencement la Lune gaigna tellement sous le Soleil, et nostre cercle fust tellement occupé par l'ombre de la Lune, qu'au plus fort de l'Éclipse il n'en demeura qu'un Croissant de ceste façon .

(*Ici se trouve une figure du Soleil éclipsé, au moment de la phase maxima. Le Soleil est représenté par un cercle de* 200^{mm} *de diamètre dont la circonférence est divisée de* 5° *en* 5° *à partir du bas et chiffrée de* 10° *en* 10° *de part et d'autre du zéro, placé au plus bas. Le diamètre vertical correspondant à ce zéro est divisé en* 24 *parties égales, valant donc chacune un demi-doigt, et chiffrées de doigt en doigt. Le corps de la Lune a son centre sur le même diamètre et monte très légèrement au-dessus de la dernière division de ce diamètre; le croissant solaire a donc un peu moins de demi-doigt au plus large, et ses cornes se terminent au degré* 95 *à droite, au degré* 94 *à gauche.*)

en telle sorte que la grandeur de l'Éclipse fust d'ij. (*sic*) doigts et trente deux minutes.

M'appercevant que l'Éclipse ne croissoit plus je criay a nostre homme qu'il prist garde a la hauteur du Soleil. Il me respondit qu'il estoit haut de 6 degrez 20 min. Calculant despuis l'heure par ceste hauteur, et ayant mesme egard a la refraction j'ay trouvé que le *milieu* de l'Éclipse n'avoit pas este esloigné de 7 *heures* 12 *minutes*.

Au mesme temps les deux cornes du croissant abboutissoient de part et d'autre dudit cercle environ les 95 degrez. Ce qui vouldroit dire que les diametres apparens du Soleil et de la Lune auroint este a peu prez esgaulx. Toutesfois le susdit branslement de Lunette ne permet point d'en rien asseurer.

La fin de l'Éclipse ne fust point veüe de nous. Quand le Soleil se coucha il estoit encore éclipsé de pres de deux doigts. C'estoit à 7. heures 57. min. par l'arc semidiurne de ce jour la a Paris, ou 8. heures une minute eu esgard a la refraction, qui faisoit paroistre le corps entier du Soleil sur l'horizon sur le point mesme qu'il estoit entierement couché.

Si nous avions assez bien pris le milieu de l'Éclipse la fin deust arriver *à* 8 *heures*, 8 *minutes*.

Et ainsi la durée totale de l'Éclipse fust de *une heure*, 52. *minutes*.

Le Soleil estoit alors au 19 degré 37 minutes des Gemeaux.

Et avoit 23 degrez 7 minutes de declinaison.

La hauteur de pole de Paris 48 degrez 52 min.

Veuillez....

On remarquera la valeur remarquablement exacte de la latitude : Gassendi observait probablement chez Luillier, dont il était l'hôte, et qui alors habitait dans la région du Pré aux Clercs.

Remarque. — Dans une Note précédente [1], j'ai eu à transformer en différences de longitude et de latitude des distances à la méridienne et à la perpendiculaire de l'Observatoire de Paris.

Voici le détail du calcul, que nous aurons à répéter plusieurs fois.

D'après Bessel (*Astr. Nachr.*, t. 14, 1837, n° 333, col. 333 ..., et t. 19, 1841, n° 438, col. 116), les valeurs des demi-axes a et b de l'ellipsoïde terrestre sont :

$$a = 3\,272\,077^{\mathrm{T}},14 \qquad b = 3\,261\,139^{\mathrm{T}},33 \qquad \frac{a-b}{a} = \frac{1}{299,15}.$$
$$\log a = 6,514\,8235\,337, \qquad \log b = 6,513\,3693\,539$$

Il en résulte :

Pour la longueur m de l'arc de 1° de méridien dont le milieu est à la latitude géographique φ ;

Pour la longueur p de l'arc de 1° du parallèle de latitude φ :

$$m = \overset{\mathrm{T}}{57\,013,109} - \overset{\mathrm{T}}{286,337}\cos 2\varphi + \overset{\mathrm{T}}{0,611}\cos 4\varphi + \overset{\mathrm{T}}{0,001}\cos\varphi\,;$$
$$p = 57\,156,285\cos\varphi - 47,825\cos 3\varphi + 0,060\cos 5\varphi,$$
$$\log e = 8,912\,2052, \qquad \sin\psi = e\sin\varphi,$$
$$\log p = 4,756\,7009.0 + \log\cos\varphi - \log\cos\psi.$$

Différences de latitude. — La variation de m est très lente à la latitude de Paris, de sorte qu'on peut ici supposer cette quantité constante, et adopter la valeur qui correspond à la région moyenne de la ville, soit à la latitude de 48°51′. Cette valeur est 57050^{T},96 ; et, par suite, l'arc Nord-Sud de 1000^{T} répond à 1′3″,1015 ; celui de 1000^{m} à 0′.32″,3760.

Si les distances Nord-Sud à transformer en différences de latitude excédaient considérablement 1000^{T} ou 1000^{m}, on pourrait interpoler au moyen des données suivantes :

Latitude géographique.	Valeur de 1° en latitude.		Valeur en latitude de l'arc de 1000^{T}.		Valeur en latitude de l'arc de 1000^{m}.	
° ′	T	Δ (T)	′ ″	Δ	′ ″	Δ
48.45	57.049,894		1.3,1027		0.32,3763	
48.50	57.050,721	+0,827	1.3,1018	−9	0.32,3759	−4
48.55	57.051,546	+0,825	1.3,1008	−10	0.32,3754	−5
49.0	57.052,373	+0,827	1.3,1099	−9	0.32,3749	−5

[1] Voir page 502 de ce Volume,

Différences de longitude. — Au contraire, la variation de p est rapide et il est indispensable d'en tenir compte.

Voici, pour les latitudes variant de minute en minute :

Les longueurs de l'arc de 1° de longitude en toises et en mètres;

Les différences de longitude correspondant aux arcs de 1000^T et de 1000^m :

Latitude géographique.	Valeur de l'arc de 1° en longitude				Valeur en longitude de			
	en toises.		en mètres.		l'arc de 1000^T.		l'arc de 1000^m.	
°	T	Δ	m	Δ	′ ″	Δ	′ ″	Δ
48.48...	37688,05	T — 12,49	73455,40	m — 24,34	1.35,5210	+ 316	0.49,0093	+ 162
48.49...	37675,56	— 12,49	73431,06	— 24,35	1.35,5526	+ 317	0.49,0255	+ 163
48.50...	37663,07	— 12,49	73406,71	— 24,35	1.35,5843	+ 317	0.49,0418	+ 163
48.51...	37650,58	— 12,50	73382,36	— 24,36	1.35,6160	+ 318	0.49,0581	+ 163
48.52...	37638,08	— 12,50	73358,00	— 24,37	1.35,6478	+ 318	0.49,0744	+ 163
48.53...	37625,58	— 12,51	73333,63	— 24,38	1.35,6796	+ 318	0.49,0907	+ 163
48.54...	37613,07	— 12,51	73309,25	— 24,38	1.35,7114	+ 319	0.49,1070	+ 164
48.55...	37600,56	— 12,51	73284,87	— 24,39	1.35,7433	+ 318	0.49,1234	+ 163
48.56...	37588,05	— 12,51	73260,48	— 24,39	1.35,7751	+ 319	0.49,1397	+ 164
48.57...	37575,54	— 12,52	73236,09	— 24,39	1.35,8070	+ 319	0.49,1561	+ 164
48.58...	37563,02	— 12,52	73211,70	— 24,40	1.35,8389	+ 320	0.49,1725	+ 164
48.59...	37550,50	— 12,52	73187,30	— 24,40	1.35,8709	+ 319	0.49,1889	+ 164
49. 0...	37537,98		73162,90		1.35,9028		0.49,2053	

Latitude origine (face sud de l'Observatoire de Paris). — La *Connaissance des Temps* donne la valeur 48°50′11″. Comme nos différences de latitude, déduites d'opérations topographiques, seront parfois exactes au centième de seconde d'arc, il est utile d'indiquer les chiffres adoptés pour les dixièmes et les centièmes. Mais, comme on peut le voir par un Mémoire de M. F. Boquet [1], les travaux faits jusqu'ici ne permettent pas de les fixer. Aussi prendrons-nous, en nombre rond, quand il y aura lieu, la valeur 48°50′11″,00.

M. **Paul Marchal** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un Volume intitulé : *Les sciences biologiques appliquées à l'agriculture et la lutte contre les ennemis des plantes aux États-Unis* [2].

---

(1) F. Boquet, *La latitude de l'Observatoire de Paris* (*Bulletin astronomique*, t. X, 1893, p. 147-168).

(2) *Annales du Service des Épiphyties*, t. III. 1 vol. grand in-8°, 359 pages, 155 figures. Librairie Lhomme, 3, rue Corneille, Paris, 1916.

J'ai recueilli les données essentielles de ce travail au cours d'un voyage aux États-Unis en 1913. On sait que rien n'a été négligé dans ce pays pour donner à l'agriculture sa plus grande valeur productrice et que les sciences biologiques y sont à cet égard considérées comme fondamentales. Le génie organisateur du peuple américain et les inépuisables richesses dont il dispose lui ont permis de créer dans cette direction des installations modèles et de prendre l'initiative des plus fécondes entreprises.

Au moment où un sérieux effort est tenté dans notre pays pour donner aux services scientifiques de l'agriculture un développement plus étendu, j'ai pensé qu'il y avait intérêt à faire connaître les moyens d'action dont disposent les américains à cet égard ainsi que les résultats auxquels ils sont parvenus.

Après un premier chapitre consacré à la biologie générale dans ses rapports avec l'agriculture aux États-Unis, j'ai étudié les institutions américaines qui ont pour attribution principale l'application des sciences biologiques, en me plaçant surtout au point de vue de la lutte contre les ennemis des plantes. Parmi ces institutions, le Département de l'Agriculture tient la première place et, pour donner une idée de l'organisation de ses services biologiques, j'ai pris comme type l'un d'entre eux, le Bureau d'Entomologie, qui, à lui seul, comporte 8 sections, 35 stations rurales et un personnel scientifique de 200 assistants ou préparateurs sous la direction d'un chef ayant à la fois l'initiative des travaux scientifiques et la charge de l'administration.

Les chapitres suivants sont consacrés à l'étude des autres services biologiques du Département de l'Agriculture, en particulier du Bureau des Cultures (Plant Industry) et du Bureau biologique (Biological Survey).

Le rôle des institutions propres à chacun des États, telles que les Stations expérimentales, les Commissions d'Horticulture, les Services forestiers, est ensuite examiné et l'œuvre qu'elles accomplissent en coopération avec le Département de l'Agriculture dans le domaine de la biologie appliquée est exposée dans ses grandes lignes.

En dehors de la question de l'organisation des services, j'ai traité celle de l'enseignement et j'ai montré comment certaines grandes Universités américaines telles que celle de Cornell et de l'Illinois permettent aux jeunes gens de se spécialiser dans l'étude des sciences biologiques appliquées à l'Agriculture et jouent le rôle de foyers de formation pour les professionnels de la biologie économique; il est profondément regrettable qu'en France nous nous trouvions totalement démunis à cet égard.

La dernière partie de l'ouvrage est consacrée à l'étude des méthodes

qui sont employées en Amérique pour défendre la production agricole contre les attaques des parasites et les invasions des ravageurs. Ces moyens d'action sont groupés en trois catégories : méthodes culturales, méthodes biologiques et méthodes techniques. La forme de lutte qui répond à la deuxième catégorie et qui consiste à combattre les ravageurs au moyen de leurs ennemis naturels est applicable dans tous les cas où une espèce nuisible exotique a été accidentellement introduite, sans les parasites ou les prédateurs qui limitent sa multiplication dans son pays d'origine. Cette forme de lutte a pris en Amérique une importance telle qu'elle donne à l'entomologie appliquée de ce pays l'un de ses caractères les plus originaux et les plus frappants. Des laboratoires pourvus d'un personnel spécialisé et de tout le matériel nécessaire ont été créés exclusivement en vue de l'élevage et de l'acclimatation des parasites utiles dans différentes régions des États-Unis. De nombreuses missions ont été envoyées tant en Europe qu'aux Indes, au Japon ou en Australie pour définir les patries primitives des espèces nuisibles et pour rechercher leurs ennemis naturels; enfin, l'organisation du travail a été poussée si loin à cet égard que, dans divers pays et notamment en France, en Italie et en Russie, des installations temporaires ont été créées par le Bureau d'Entomologie de Washington pour centraliser et expédier les légions de parasites qui devaient combattre, en Amérique, des fléaux tels que les Liparis des arbres forestiers dans le Massachusetts, ou le Phytonome de la Luzerne dans les États du Far-West.

Après avoir retracé l'histoire des entreprises les plus typiques et les plus fécondes concernant la lutte biologique, je me suis appliqué à faire connaître dans leurs traits essentiels les procédés techniques employés aux États-Unis contre les ravageurs, l'arsenal des appareils employés pour les pulvérisations, les fumigations toxiques, la désinfection du sol, et la remarquable organisation qui préside à la mise au point des méthodes préventives ou curatives ainsi qu'à l'application des traitements dans les diverses conditions climatiques ou culturales.

Il est à souhaiter qu'en France on s'inspire de tels exemples, car ils montrent par quelles voies les immenses richesses que nous font perdre annuellement les ennemis des cultures peuvent être en grande partie restituées à notre territoire.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes triple-orthogonaux, tels qu'un système de courbes de Lamé soit formé de lignes sphériques, le lieu des centres des sphères qui les contiennent étant une sphère ou un paraboloïde de révolution.* Note de M. C. **Guichard.**

Soient u, v, w les paramètres des lignes de Lamé du système; je suppose que les courbes $u =$ const., $v =$ const. soient des courbes sphériques. Les sphères qui contiennent ces lignes, dépendent de deux paramètres u et v. M. Darboux a indiqué les propriétés caractéristiques de cette congruence de sphères (*Leçons*, 4e Partie, Livre VIII, Chap. XII). Avec mon système de notations, les résultats de M. Darboux peuvent s'énoncer ainsi : *La congruence de sphères est* C; *le réseau décrit par le centre des sphères est* K. Si l'on se donne, *a priori*, la surface lieu des centres des sphères, il faudra, pour trouver la congruence de sphères correspondantes, trouver les réseaux K de la surface. C'est un problème que je vais examiner dans les deux cas suivants : 1° la surface donnée est une sphère; 2° la surface donnée est un paraboloïde de révolution. Je vais d'abord rappeler les résultats dus à M. Darboux (*loc. cit.*). Soient M le centre de la sphère; x_1, x_2, x_3 les coordonnées de M; ξ_1, ξ_2, ξ_3 les paramètres normaux de la tangente du réseau M; η_1, η_2, η_3 ceux de la seconde; on aura d'abord, d'après les formules générales des réseaux :

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial x_i}{\partial u} = k\xi_i, & \dfrac{\partial \xi_i}{\partial v} = n\eta_i, & \dfrac{\partial h}{\partial v} = lm, \\ \dfrac{\partial x_i}{\partial v} = l\eta_i, & \dfrac{\partial \eta_i}{\partial u} = m\xi_i, & \dfrac{\partial l}{\partial u} = hn. \end{cases}$$

On a de plus, par un choix convenable des variables u et v, la relation

$$(2)\quad \xi_1\eta_1 + \xi_2\eta_2 + \xi_3\eta_3 = \frac{\partial m}{\partial u} + \frac{\partial u}{\partial v}.$$

Avec ce choix de variables, le rayon R de la sphère est

$$(3)\quad R^2 = h^2 + l^2.$$

1. *Cas de la sphère.* — Dans ce cas le réseau décrit par M est un réseau O. Soit

$$\begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}$$

le déterminant orthogonal qui correspond à ce réseau. A, B, M, N les rotations correspondantes. On aura ici

$$x_i = \alpha_i, \qquad \xi_i = \omega\beta_i, \qquad \eta_i = \omega\gamma_i;$$

$$h = \frac{1}{\omega}A, \qquad l = \frac{1}{\omega}B, \qquad m = M, \qquad n = N,$$

ω étant une constante. La relation (2) donne

$$\frac{\partial M}{\partial u} + \frac{\partial N}{\partial v} = 0,$$

ce qui permet de poser

$$M = -\frac{\partial \varphi}{\partial v}, \qquad N = \frac{\partial \varphi}{\partial u},$$

ce qui montre que le réseau de la sphère est la représentation sphérique d'une surface isothermique. On aura ensuite

$$R^2 = \frac{1}{\omega^2}(A^2 + B^2).$$

On voit que, lorsque le réseau M est connu, il y a une infinité de congruences de sphères correspondantes; on passe d'une congruence à l'autre, en multipliant le rayon des sphères par un nombre constant.

Je signale, à propos de ce cas, les résultats suivants :

1° *Si le réseau* (M) *tracé sur la surface des centres est un réseau* O, *ce réseau a même représentation sphérique qu'une surface isothermique.*

2° *Si le rayon des sphères d'une congruence satisfaisante est constant, le réseau* (M) *est* O ; *sa représentation sphérique est celle d'une surface isothermique.*

En effet, d'après la relation (3), on peut poser

$$h = R\cos\theta, \qquad l = R\sin\theta,$$

d'où

$$(4) \qquad m = -\frac{\partial\theta}{\partial v}, \qquad n = \frac{\partial\theta}{\partial u}.$$

La formule (2) montre que M décrit un réseau O; et les formules (4) montrent que la représentation sphérique de ce réseau est celle d'une surface isothermique.

2. *Cas du paraboloïde de révolution.* — Je considère le paraboloïde dont l'équation est

$$(5) \qquad x_1^2 + x_2^2 - 2x_3 = 0.$$

Tout réseau tracé sur ce paraboloïde se projette sur le plan x_1, x_2 suivant un réseau O. On peut donc supposer

$$(6)\quad \begin{cases} \xi_1 = \omega\cos\varphi, & \xi_2 = \omega\sin\varphi, & \xi_3 = a, \\ \eta_1 = \omega\sin\varphi, & \eta_2 = -\omega\cos\varphi, & \eta_3 = b, \end{cases}$$

ω étant constant; on en déduit

$$(7)\qquad m = \frac{\partial\varphi}{\partial u}, \qquad n = -\frac{\partial\varphi}{\partial v}, \qquad \frac{\partial a}{\partial v} = -b\frac{\partial\varphi}{\partial v}, \qquad \frac{\partial b}{\partial u} = a\frac{\partial\varphi}{\partial u}.$$

La formule (2) donne ensuite

$$ab = \frac{\partial^2\varphi}{\partial u^2} - \frac{\partial^2\varphi}{\partial v^2}.$$

On voit que si l'on fait

$$A = ia, \qquad B = ib, \qquad M = n, \qquad N = m,$$

A, B, M, N sont les rotations de la représentation sphérique d'une surface isothermique.

Soient X_1, X_2, X_3 les paramètres directeurs de la normale au réseau M. D'après les formules (6) on a

$$\frac{X_1}{a\cos\varphi + b\sin\varphi} = \frac{X_2}{a\sin\varphi - b\cos\varphi} = \frac{X_3}{-\omega}.$$

D'autre part, d'après l'équation (5), on a

$$\frac{X_1}{x_1} = \frac{X_2}{x_2} = \frac{X_3}{-1}.$$

En comparant on trouve

$$(8)\quad x_1 = \frac{1}{\omega}(a\cos\varphi + b\sin\varphi), \qquad x_2 = \frac{1}{\omega}(a\sin\varphi - b\cos\varphi), \qquad x_3 = \frac{1}{2\omega^2}(a^2 + b^2)$$

et, si l'on pose

$$H = \frac{\partial a}{\partial u} + b\frac{\partial\varphi}{\partial u}, \qquad L = \frac{\partial b}{\partial v} - a\frac{\partial\varphi}{\partial v},$$

on vérifie facilement, en partant des formules (8),

$$\frac{\partial x_i}{\partial u} = \frac{1}{\omega^2}H\xi_i, \qquad \frac{\partial x_i}{\partial v} = \frac{1}{\omega^2}h\eta_i$$

et, d'après la formule (3), on aura

$$R^2 = \frac{1}{\omega^4}(H^2 + L^2),$$

donc :

Si l'on connaît la représentation sphérique d'une surface isothermique, on peut déterminer, sous forme finie, une infinité de congruences de sphères satisfaisantes, le lieu des centres des sphères étant un paraboloïde de révolution.

Effectuons sur ces sphères une homothétie ayant pour centre l'origine et pour module ω^2. Les coordonnées y_1, y_2, y_3 du centre de la sphère seront

$$y_1 = \omega(a\cos\varphi + b\sin\varphi),\qquad y_2 = \omega(a\sin\varphi - b\cos\varphi),\qquad y_3 = \frac{1}{2}(a^2 + b^2)$$

et l'on aura

$$R^2 = H^2 + L^2.$$

D'où le résultat suivant :

Soient M *le centre,* R *le rayon d'une sphère qui décrit la congruence demandée; si l'on abaisse de* M *la perpendiculaire* MP *sur l'axe du paraboloïde et si l'on prend sur* MP *un point* M' *tel que* $\frac{PM'}{PM}$ *soit constant; la sphère qui a pour centre* M' *et le même rayon* R *que la sphère* M *décrit aussi une congruence satisfaisante.*

La méthode indiquée ne donne rien dans les deux cas suivants : 1° $A = ie^{i\varphi}$, $B = e^{i\varphi}$ (représentation sphérique des surfaces minima); 2° $A = \cos\varphi$, $B = \sin\varphi$ (représentation des surfaces à courbure totale constante). On lève la difficulté en faisant intervenir d'autres éléments qui se rattachent aux surfaces isothermiques. Dans le cas des surfaces à courbure totale constante, on peut indiquer la solution suivante. Soient F le foyer du paraboloïde, Σ la sphère de centre F et de rayon 1; faisons une perspective de centre F; à chaque point M du paraboloïde on fait correspondre un point m de la sphère. Cette correspondance transforme un réseau en un réseau; si maintenant le point m décrit la représentation sphérique d'une surface à courbure totale constante, le point M décrira un réseau; le réseau (m) est (C), donc la congruence point Fm sera (C); le réseau (M) découpé sur le paraboloïde sera un réseau K, ce qui donne une solution.

Remarque. — La remarque suivante donne une transformation du problème, même dans le cas où la surface des centres est une quadrique quelconque Q. Soit (M) un réseau (K) de cette quadrique : il y a ∞^3 congruences C conjuguées à ce réseau K, soit G l'une d'elles; la droite G rencontre la quadrique Q en un second point M'. D'après un théorème de Ribaucour, le point M' décrit un réseau; ce réseau étant conjugué à une congruence C est un réseau K. D'où une nouvelle solution du problème.

GÉOLOGIE. — *Sur les brèches (conglomérats) de Tarentaise.* Note [1] de MM. **W. Kilian** et **J. Révil**.

En 1891, l'un de nous (W. K) [2] constatait l'existence en Tarentaise, au sud de l'Isère, de deux brèches d'âge différent : l'une liasique (brèche du Télégraphe) qui lui avait livré des fossiles liasiques (déjà signalés par Ch. Lory) au Niélard, et dont il montra la connexion étroite avec les calcaires cristallins de Dorgentil et le « Lias calcaire » du fort du télégraphe en Maurienne, ainsi qu'avec les assises d'Aigueblanche à *Rhacophyllites diopsis* Gemm. sp.; l'autre d'âge tertiaire, brèche polygénique, développée plus au Nord que ne l'avait pensé Ch. Lory et retrouvée notamment à Crève-Tête et en amont d'Aigueblanche; cette dernière se présentant en relation intime à Varbuche avec des couches renfermant (d'après Vallet) des *Nummulites*. Ces faits conduisaient à considérer comme établie la grande *transgression nummulitique* parfaitement observable entre Moutiers et La Chambre, où l'on voit les brèches reposer indifféremment sur le Lias, les Gypses et Cargneules triasiques, les Schistes bigarrés, les Calcaires du Trias, les Quartzites et le « Lias schisteux ».

Les fragments de ces diverses roches, écrivait-il, forment en grande abondance les éléments de la brèche nummulitique et montrent, par *leur fréquence relative, en relation avec la nature du substratum*, qu'il s'agit bien d'une transgression et non d'un contact anormal [3].

Supposant que des formations analogues devaient se retrouver plus au Nord et que le synclinal complexe des Aiguilles d'Arves, occupé par des sédiments tertiaires, pouvait se poursuivre jusqu'à la frontière italienne, nous entreprenions, en juin 1893, des explorations géologiques dans la Tarentaise septentrionale [4] et nous arrivions à y distinguer facilement la *brèche liasique*, dont l'âge ne fait aucun doute et une *brèche polygénique*, à ciment plus micacé et quartzifère, que nous crûmes pouvoir rapporter au

---

[1] Séance du 6 novembre 1916.

[2] W. Kilian, *Sur la structure du Massif de Varbuche (Savoie)* (*Bull. Soc. Hist. nat. de Savoie*, 1re série, t. 4, 1891, p. 101).

[3] W. Kilian, *Sur la constitution du massif de Varbuche* (*Bull. Soc. Hist. nat. de Savoie*, 1re série, t. 4, 1891, p. 114).

[4] W. Kilian et J. Révil, *Une excursion géologique en Tarentaise* (*Bull. Soc. Hist. nat. de Savoie*, 1re série, t. 7, 1893, p. 28).

Tertiaire, bien que, malgré des recherches actives, nous n'y ayons rencontré aucun fossile.

Nous considérions ces brèches polygéniques comme représentant la continuation de celles de la vallée de l'Arc (Maurienne) et du massif de Varbuche. Nous ajoutions qu'elles devaient se poursuivre jusqu'aux environs du Col du Bonhomme. Ces conclusions, vérifiées plus tard par Marcel Bertrand, furent utilisées par lui dans le relevé des contours de la feuille d'Albertville de la Carte géologique détaillée, où la brèche polygénique est considérée comme formant le noyau de plusieurs *synclinaux* situés dans la continuation nord du « Synclinorium » des Aiguilles d'Arves.

Depuis lors, l'un de nous (W. K.) signalait les *deux brèches* dans le Briançonnais : la plus ancienne toujours en relation avec le Lias, le Rhétien et divers étages jurassiques; la plus récente à la partie supérieure de la puissante formation comprise sous la dénomination de *Schistes lustrés*, et dans la partie supérieure de laquelle les schistes plus feuilletés sont toujours dépourvus d'intercalations de roches vertes si fréquentes dans le complexe inférieur mésozoïque. Ces schistes supérieurs continuent vers l'Est, d'après MM. Kilian et Pussenot [1], le *Flisch noir* de la zone du Briançonnais, auxquels se rattachent nettement les brèches de l'Alpet, de l'Eychauda, du Gros près Guillestre et des Salettes près Escreins, à fragments remaniés de « roches vertes » attestant nettement l'existence de *discontinuités stratigraphiques* dans la série sédimentaire intra-alpine [2], discontinuités d'ailleurs admises également par M. Lugeon dans ses derniers travaux.

A la suite de recherches effectuées en 1908 et en 1909, aux environs de Courmayeur par MM. W. Kilian, P. Lory et S. Franchi, des doutes furent cependant émis par ces auteurs au sujet de nos conclusions relatives aux *brèches de Tarentaise*. Les brèches polygéniques des Chapieux furent considérées en 1912, par MM. Kilian et Jacob, comme appartenant à un niveau du Jurassique immédiatement supérieur aux calcaires cristallins du Lias et comme reliés aux *Schistes lustrés* mésozoïques du Versoyen par des passages ménagés et constituant le « *type mixte* » du Lias, de M. W. Kilian. Par contre, notre regretté et éminent confrère Jean Boussac, dont la Science déplore la perte récente, adoptait la première interprétation de MM. Kilian et Révil et considérait *la brèche polygénique comme d'âge incontestablement tertiaire.*

En 1912, M. Gignoux [3], après avoir très clairement défini le problème qui se posait, procéda à de nouvelles explorations et, dans une première Note, signala la présence de *deux complexes de brèches* aux environs de Villette et d'Aime : 1° l'un liasique accompagné de calcaires cristallins et comprenant la célèbre *brèche de Villette*; 2° l'autre supérieur au précédent comprenant des schistes et des microbrèches, des

---

(1) W. Kilian et Ch. Pussenot, *Nouvelles données relatives à la tectonique des environs de Briançon* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 515).

(2) W. Kilian, *Sur les brèches polygéniques de l'Éogène du Briançonnais* (*Compte rendu sommaire Soc. géol. de France*, nos 6-7, 1915, p. 38).

(3) *Compte rendu des collaborateurs de la Carte géologique de France pour la Campagne de* 1912, t. 22, n° 133, p. 101).

brèches polygéniques et des intercalations *à faciès de Flysch*. Il n'y a pas de raison, d'après cet auteur, de ne pas attribuer (provisoirement) ce deuxième ensemble au Tertiaire comme le complexe très analogue de Villarclément en Maurienne pour lequel la découverte de *Nummulites* par M. Gignoux a fourni la preuve péremptoire d'un âge éogène. Cet ensemble supérieur présente, dans le nord de la Tarentaise, des schistes de faciès *lustré* (Schistes lustrés supérieurs de Marcel Bertrand).

Postérieurement encore, MM. Gignoux et Pussenot [1], à la suite d'excursions effectuées dans les mêmes régions, attribuèrent au Jurassique *toutes les brèches* rencontrées par eux : l'un (M. Gignoux) auquel les brèches calcaires *inférieures* ont fourni une *Bélemnite* au Mont Coin, les plaçant à la partie supérieure du Lias, l'autre (M. Pussenot) à la partie inférieure (Infralias). Ces auteurs semblent toutefois *avoir confondu les deux brèches* et surtout n'avoir pas tenu suffisamment compte de la transgressivité de la brèche polygénique qui, pour nous, est indiscutable. [Les coupes publiées par M. Pussenot (*loc. cit.*) peuvent parfaitement être interprétées en admettant cette dernière hypothèse.] MM. Gignoux et Pussenot ont reconnu d'ailleurs également l'allure transgressive de certaines de ces brèches. M. Boussac (15 décembre 1913) paraît s'être rallié à leur opinion.

Des explorations faites récemment (1916) en Tarentaise, en vue de l'établissement de la carte au 320000e, nous ont fourni des données absolument concluantes pour le maintien des deux complexes bréchoïdes, antérieurement signalés par nous, et nettement distincts aux environs immédiats de Moutiers.

Ces niveaux se reconnaissent en effet facilement dans le versant montagneux qui domine les villages de Tessens et de Villette. Près des chalets de « la Peisey » et de « Serpentant », la « brèche polygénique » est en contact immédiat avec la « brèche du Télégraphe » *qu'elle ravine* et dont elle se distingue même par ses caractères morphologiques, la première se manifestant par des crêtes rocheuses massives et calcaires, de teinte claire, la seconde, dans laquelle dominent les éléments siliceux, donnant lieu à des arêtes de teinte sombre et à des reliefs plus émoussés. La brèche polygénique forme en ce point le noyau d'un synclinal dont les flancs montrent des assises mésozoïques (Lias et Trias); elle se présente accompagnée d'intercalations de schistes et de calcaires quartziteux, de microbrèches et de schistes noirs dans lesquels elle constitue parfois des amas irréguliers. Elle renferme ici des *fragments très reconnaissables de la « brèche de Villette »* (Lias supérieur) et des *calcaires cristallins du Ciex* (Lias) et n'est certainement pas plus ancienne que le Lias supérieur.

La brèche polygénique [2] existe encore plus au Nord, dans le massif de

(1) *Compte rendu des Collaborateurs de la Carte géologique de France pour la Campagne de* 1913, t. 23, n° 136, p. 107 et 121. — V. aussi : *C. R. somm. Séances Soc. géol. de Fr.*, 15 décembre 1915 et 19 janvier 1916.

(2) Parmi les éléments de cette brèche, nous avons reconnu, outre des granites et schistes cristallins permo-carbonifères, des grès houillers, des grès et schistes per-

la Dent Portetta, où elle se présente dans des conditions tectoniques un peu différentes et en *transgression* manifeste sur les quartzites du Trias. Le cirque que domine cette cime permet en effet de constater l'existence d'un anticlinal dont le flanc occidental, usé par l'érosion, montre cette brèche surmontant *directement* les couches du Trias inférieur (quartzites, arkoses rouges et vertes) tandis que le flanc oriental de ce même pli présente, en superposition à ces derniers, les calcaires du Trias et du Lias (avec intercalation de brèches du Télégraphe), puis, plus à l'Est, des schistes et de nouvelles brèches *polygéniques* très laminées ([1]) et accompagnées de Schistes lustrés (Mont Rosset).

Dans cette localité, les deux ensembles bréchoïdes se distinguent d'ailleurs avec facilité : le plus récent montre ici encore une composition en rapport avec son substratum et renferme de nombreux fragments de quartzites werféniens, dont quelques-uns, non roulés, sont d'un volume énorme.

Les « brèches polygéniques » de Tarentaise, localisées dans une bande située à l'est de la zone delphino-savoisienne, semblent donc bien être la continuation des brèches de nature identique de la Maurienne qui comprennent des assises qui ont fourni récemment, à Villarclément, à notre confrère M. Gignoux, des *Nummilites* ([2]); elles paraissent se relier d'une façon indubitable à celles des Chapieux et des environs du Col de la Seigne. *Le rattachement à l'Éogène d'une partie de ces dernières*, selon la première interprétation de l'un de nous (W. K.) *confirmée plus tard par Jean Boussac, semble donc justifié et incontestable,* bien que nous n'y ayons recueilli aucun galet appartenant à des roches plus récentes que le Lias supérieur (calcaire de Villette).

---

miens, des quartzites triasiques, des calcaires du Trias, des *dolomies nankin* et des calcaires « ivoirins » de l'Infralias, des calcaires noirs et des marbres cristallins du Lias, et des fragments de « brèche de Villette » (Lias supérieur).

([1]) Marcel Bertrand avait distingué par une teinte spéciale (*Jl*), sur la feuille Albertville, ce complexe qu'il avait attribué au terrain jurassique dans le massif du Roignais, alors qu'à Pierre-Menta il rattachait au Tertiaire ($e^3 m$) la même formation moins laminée.

([2]) *Compte rendu des Collaborateurs pour* 1912, 1913, p. 101.

PALÉONTOLOGIE. — *Découverte de restes d'*Anthracotherium *dans les formations sannoisiennes du bassin d'Aix-en-Provence.* Note posthume de M. G. Vasseur.

Nous nous proposons, dans la présente Note, d'opposer une observation nouvelle à l'opinion de certains géologues, rattachant au terrain oligocène les dépôts à faune paléothérienne qu'on observe dans diverses régions (gypse parisien, etc.).

Nous avons déjà signalé à l'Académie la présence d'un Rhinocéridé (*Aceratherium* ou genre très voisin) dans les plus anciennes formations oligocènes du bassin de la Gironde (mollasses du Fronsadais) (¹) et nous avons cru voir dans ce fait, un nouvel argument en faveur des idées de nos devanciers, Hébert, Matheron, Tournouër, sur la limite supérieure du terrain éocène.

La découverte que nous allons faire connaître concorde avec la précédente de la manière la plus heureuse et pèsera sans doute de tout son poids pour incliner vers nous le plateau de la balance.

On sait que le bassin tertiaire d'Aix-en-Provence présente une série très puissante de sédiments éocènes et oligocènes. Les dépôts de l'Éocène inférieur et du Lutétien, si bien étudiés et déterminés par Matheron, n'ont jamais donné lieu à une discussion, mais il n'en a pas été de même des formations plus récentes, dont la succession complète a d'ailleurs été connue assez tardivement.

Après le calcaire de la butte de Cuq, qui représente dans le bassin d'Aix, le dernier terme de la série lutétienne, on observe de bas en haut : 1° le calcaire lacustre à *Planorbis crassus* de Saint-Pons (près Roquefavour); 2° la puissante formation des argiles et conglomérats des Milles; 3° la série calcaréo-gypseuse de la Montée d'Avignon (près Aix), célèbre par ses nombreux fossiles (Poissons, Insectes, Arachnides, Végétaux); 4° la molasse sableuse des Figons; 5° enfin, le calcaire d'Éguilles, à faune nettement aquitanienne.

Sans mentionner les diverses opinions émises au sujet de l'âge de ces terrains, nous rappellerons cependant que Fontanes attribuait les argiles des Milles à l'étage bartonien, la base de la formation calcaréo-gypseuse

---

(¹) G. Vasseur, *Découverte de Vertébrés dans les molasses oligocènes du Fronsadais* (*bassin de la Gironde*) (*Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 1237).

(argile un peu ligniteuse) à l'Éocène supérieur et au Sannoisien les premières assises calcaires de cette même série.

On doit d'autre part, à M. Collot, la découverte du calcaire de Saint-Pons. Notre collègue a reconnu que cette formation est inférieure à l'argile des Milles et renferme le *Planorbis crassus*, mais il l'a synchronisée par erreur avec le calcaire de Saint-Ouen du bassin de Paris (Bartonien supérieur). De ce fait, les argiles des Milles remontaient dans l'Éocène supérieur, si réduit d'après Fontanes, et trouvaient leur place naturelle au-dessous des calcaires attribués jusqu'alors à l'étage sannoisien.

Nos observations nous ont permis de remanier entièrement la classification de ces dépôts et, dès l'année 1897, nous avons montré que le calcaire de Saint-Pons doit être assimilé au calcaire à faune paléothérienne du Mas-Saintes-Puelles (près Castelnaudary), constituant dans cette région le *dernier terme de l'Éocène supérieur*.

Cette détermination avait pour première conséquence, d'établir qu'il existe, dans le bassin d'Aix, une importante lacune correspondant à l'étage bartonien.

Cette lacune s'est d'ailleurs traduite par des érosions considérables, ayant succédé à des mouvements du sol, et c'est ainsi qu'on peut voir le calcaire de Saint-Pons *reposer en discordance sur une série de couches appartenant à l'Éocène inférieur et au pied d'une falaise formée par la tranche d'une assise lutétienne* (¹).

Nous avons démontré en outre que les argiles des Milles appartiennent à l'étage sannoisien; mais il importait de trouver la confirmation de ce fait dans des découvertes paléontologiques. Orienté dans cette direction et obligeamment secondé par M. Rastoin, directeur de la tuilerie des Milles, nous avons eu la satisfaction de pouvoir annoncer en 1897 (¹) la présence des genres *Aceratherium* et *Cainotherium* dans les argiles précitées.

Par suite, la formation calcaréo-gypseuse d'Aix rapportée par de Saporta à l'Éocène supérieur, puis, pour la base, à l'étage sannoisien par Fontanes et M. Depéret, devenait stampienne en totalité. Une nouvelle découverte, due comme la précédente à l'obligeant concours de M. Rastoin, vient encore justifier notre détermination et offre en outre le grand intérêt d'établir la présence du genre *Anthracotherium* dans les plus anciens dépôts de l'Oligocène.

(¹) G. Vasseur, *Note préliminaire sur la constitution géologique du bassin tertiaire d'Aix-en-Provence* (*Ann. Fac. Sc. Marseille*, t. VIII, 1897). — De Fuveau, *Livret-guide*, 8e *Congrès géol. intern. Paris*, 1900.

La formation de Rouzon qui présente, avec les derniers et rares survivants de la faune paléothérienne, de nombreux Mammifères oligocènes, a été justement attribuée par M. Boule à l'étage sannoisien ; mais notre savant collègue fit remarquer à ce sujet l'absence dans ce dépôt du genre *Anthracotherium* si fréquemment rencontré dans les sédiments de l'Oligocène moyen. La découverte, dans les argiles des Milles, de trois genres éminemment caractéristiques de l'Oligocène a donc cette importante signification de montrer que, dès l'époque sannoisienne, une forme nouvelle de Mammifères s'est, en majeure partie, substituée à la forme paléothérienne.

Au point de vue stratigraphique, nous ajouterons que les argiles des Milles, transgressives sur les terrains crétacés et éocènes, offrent une répartition géographique complètement différente de celle des dépôts éocènes, et témoignent d'une extension considérable des eaux qui n'occupaient qu'un bassin très réduit à l'époque ludienne. L'indépendance absolue de l'Éocène supérieur dans le bassin d'Aix ressort de tous ces faits ; c'est bien une raison de plus pour ne pas rayer de la classification des terrains, à l'exemple de certains géologues, un terme qui doit être conservé au même titre que les autres. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de revenir sur cette question, en nous appuyant cette fois sur les formes marines de l'Éocène supérieur.

COMMISSIONS.

M. le **Président** annonce que Mlle *Duhem*, fille du regretté Membre de l'Académie, a confié à l'Académie les manuscrits de son père. Il demande la nomination d'une Commission qui sera chargée d'examiner ce dépôt.

La Commission sera constituée par MM. **Darboux**, **Bigourdan**, **B. Baillaud**, sous la présidence de M. le **Président**.

CORRESPONDANCE.

M. **E. Ariès**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Frédéric Bordas** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

MÉCANIQUE. — *Variation systématique de la valeur de la force vive dans le choc élastique des corps.* Note de M. L. HARTMANN.

J'ai signalé précédemment [1] que, lorsqu'on détermine le choc élastique, direct et axial, de deux masses cylindriques m et m', en acier trempé de 12^{mm} de diamètre, formant pendules et servant, l'une de marteau, avec la vitesse v au commencement du contact, l'autre d'enclume, les vitesses respectives de ces masses, immédiatement après leur séparation, sont représentées par les expressions

$$\psi = (1 - n)\, v \qquad \text{et} \qquad \psi' = n\,\frac{m}{m'}\,v,$$

alors que les formules de la théorie classique sont

$$\varphi = (1 - \text{N}) \qquad \text{et} \qquad \varphi' = \text{N}\,\frac{m}{m'}\,v,$$

N étant égal à $\frac{2m'}{m+m'}$.

J'ai indiqué, d'autre part, que, d'après les essais réalisés, le coefficient effectif n ne se confond avec le coefficient théorique N que pour $v = 0$, et qu'avec des cylindres de longueurs données, il décroît régulièrement, à mesure que v augmente, tandis que N reste invariable par définition.

J'ai fait observer que, dans ces conditions, la force vive après le choc a pour valeur $mv^2\left[1 - \frac{2n}{\text{N}}(\text{N} - n)\right]$, et qu'elle est, par suite, inférieure à la force initiale mv^2 du cylindre-marteau.

La présente Note a pour objet de compléter cette communication par l'exposé de quelques autres résultats d'expérience.

1° Un cas particulièrement intéressant, parce qu'il manifeste de la façon la plus claire la non-conservation de la force vive, est celui du choc de deux masses cylindriques identiques, pour lesquelles on a $\text{N} = 1$.

On admet actuellement que, lorsque ces masses se séparent, le cylindre-enclume, qui était immobile, prend la vitesse v du cylindre-marteau, quelle que soit cette vitesse, ce dernier revenant, en même temps, à la position de repos; autrement dit n est égal à 1.

La réalité est différente : le cylindre-marteau ne s'arrête pas tout à fait,

(1) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 222.

et sa vitesse restante est d'autant plus grande que la vitesse au choc est plus élevée; de son côté, la vitesse du cylindre-enclume est plus petite que v; le coefficient n est donc inférieur à 1.

Par exemple, avec deux cylindres de 100^{mm} de longueur, et en faisant en sorte que le cylindre-marteau ait des vitesses initiales (en mm : sec) égales à

25 50 100 150 200 250 300 350

on obtient, pour n, les valeurs moyennes

0,997 0,996 0,991 0,982 0,97 0,96 0,945 0,93

et, par conséquent, pour le rapport $\frac{m\psi^2 + m\psi'^2}{mv^2}$, les nombres

0,994 0,992 0,982 0,964 0,942 0,923 0,896 0,887.

2° La théorie classique du choc élastique est également en désaccord avec l'expérience, quand le cylindre-enclume est remplacé par un bloc épais en acier, limité par une surface plane verticale, et fortement relié au sol, de manière que la masse totale soit extrêmement grande, et que le coefficient N puisse être regardé comme égal à 2.

D'après les formules auxquelles aboutit cette théorie, le cylindre-marteau acquiert, après le choc, la vitesse $-v$, n ayant, par suite, la valeur 2. D'après les essais exécutés, ce cylindre est animé d'une vitesse finale $-(1-\varepsilon)v$, ε étant d'autant plus grand que v est plus considérable; le coefficient effectif n est donc plus petit que 2.

Ainsi, avec un cylindre-marteau de 100^{mm} de longueur, et pour les mêmes vitesses au choc que ci-dessus, n a les valeurs :

1,999 1,995 1,99 1,885 1,98 1,97 1,96 1,95

$m'\psi'^2$ étant extrêmement petit, dans ce cas, et pouvant être négligé, l'expression de la force vive après le choc prend la forme

$$m\psi^2 = mv^2(n-1)^2;$$

d'où l'on déduit, pour le rapport $\frac{m\psi^2}{mv^2}$, les nombres

0,996 0,992 0,980 0,97 0,961 0,941 0,922 0,903

Ces nombres représentent aussi les rapports $\frac{h}{H}$, H étant la hauteur de chute et h la hauteur de remontée du cylindre-marteau, corrigées de la résistance de l'air et de celle des fils de suspension.

3° Un fait important, observé dans ces diverses recherches, est que le coefficient n dépend, pour chaque vitesse au choc, de la matière constitutive des deux corps qui se rencontrent. Avec un cylindre-enclume ayant même masse que le cylindre-marteau, mais dans lequel on substitue du caoutchouc à l'acier sur une certaine longueur, du côté où le choc se produit, on constate que, pour chaque valeur de v, n est plus petit que lorsque ce cylindre-enclume est tout entier en acier, et qu'en outre il décroît à mesure qu'on augmente la proportion du caoutchouc.

Dans le cas du rebondissement du cylindre-marteau de 100^{mm} de longueur sur un bloc en acier, les valeurs de n, quand on recouvre l'acier d'une plaque adhérente de caoutchouc, ayant 40^{mm} d'épaisseur, deviennent sensiblement

1,985	1,98	1,96	1,94	1,90	1,86	1,80	1,70

et celles du rapport $\frac{m\psi^2}{mv^2}$ ou $\frac{h}{H}$,

0,97	0,94	0,92	0,884	0,81	0,74	0,656	0,49

En résumé, dans le choc élastique de deux masses, dont l'une est primitivement en repos, le coefficient n et la force vive finale varient avec la substance qui les compose ainsi qu'avec la vitesse du choc.

Ce résultat est d'accord avec ce que l'on sait de l'influence que l'état et la constitution des corps de la nature exercent sur l'effet des divers agents physiques, et, pour cette raison, il pouvait être prévu. Je ferai remarquer d'ailleurs, à ce sujet, que, par cela même que le coefficient N n'est fonction que du rapport des masses, la théorie classique implique qu'avec deux corps de masses déterminées, les vitesses après la rencontre et la vitesse initiale du corps-marteau sont rigoureusement dans le même rapport, quelle que soit cette vitesse, et que, d'autre part, ces corps, si l'on en fait varier la matière, prennent néanmoins, pour chaque valeur de v, des vitesses égales. Il est hors de doute qu'étant en contradiction avec la loi générale susvisée, ces hypothèses ont un caractère purement abstrait, comme celles qui consisteraient à supposer que le coefficient de dilatation linéaire d'une barre est exactement le même, à toute température, ou que des barres différentes de même masse se dilatent également, quand on les porte à la même température.

J'indiquerai en terminant que, si l'expérience met ainsi en évidence, dans le choc élastique, la variation systématique de la somme des forces vives des deux corps en prise, évaluées au moyen de leurs vitesses finales, par contre, les quantités de mouvement moyennes existant dans ces corps,

à la fin de la période de raccourcissement, qui sont positives l'une et l'autre dans tous les cas réalisables, et qui constituent les véritables quantités de mouvement provenant du choc proprement dit, ont une somme arithmétique égale à la quantité de mouvement initial du corps-marteau, c'est-à-dire que cette quantité de mouvement se conserve, *d'une manière effective*, conformément à la conception de Descartes.

MÉCANIQUE. — *Système nouveau de transmission par joint à billes.* Note de M. R. **Guillery**, présentée par M. L. Lecornu.

Quand une bille est tenue entre deux cuvettes sphériques symétriquement placées, l'ensemble résiste facilement aux efforts dirigés suivant la ligne des centres. Si un effort sollicite dans tout autre sens l'une des cuvettes, l'ensemble peut se déformer sans que l'écartement relatif des centres des cuvettes varie sensiblement.

Supposons par exemple une bille de rayon r, à centre fixe O, placée entre deux cuvettes de rayon R (*fig.* 1) dont l'une à centre fixe C, et l'autre

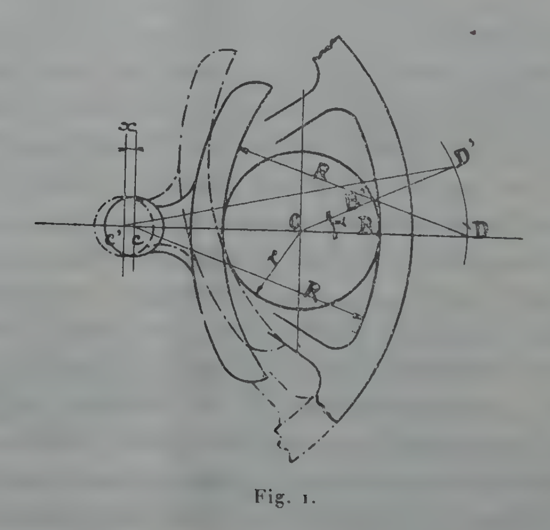


Fig. 1.

à centre mobile D astreinte à tourner autour d'un point P qui, d'abord confondu avec C, peut glisser sur la ligne COD.

Si la bille tourne sans glisser sur les cuvettes, la cuvette de centre C tourne sur elle-même ; le centre D vient en D' et la rotation transporte de C en C' le pivot de la cuvette correspondante. Soit α l'angle que forme

avec OC la normale au nouveau point de contact de la bille avec la cuvette de centre D, l'allongement de POD, c'est-à-dire CC', a pour valeur

$$x = (\mathrm{R} - r)\left[\sqrt{4 - \sin^2\alpha} - (1 + \cos\alpha)\right];$$

pour $\mathrm{BB}' = 2^{\mathrm{mm}}$, $\mathrm{R} = 25^{\mathrm{mm}}$, $r = 10^{\mathrm{mm}}$, on a $\alpha = 11°30'$ et $x = 0^{\mathrm{mm}},15$.

Si donc on s'oppose au déplacement de P, chacun des contacts éprouve un aplatissement de $0^{\mathrm{mm}},075$.

Si nous avions supposé les cuvettes se déplaçant en mouvement de transport parallèle, leur écartement relatif serait du même ordre. Or ces faibles déplacements sont de l'ordre de grandeur des flexions élastiques de l'acier.

Grâce à cette propriété, on peut construire un accouplement souple et sans jeu, à frottement de roulement, c'est-à-dire à rendement presque total.

Les figures 2 et 3 montrent un joint universel permettant un angle des

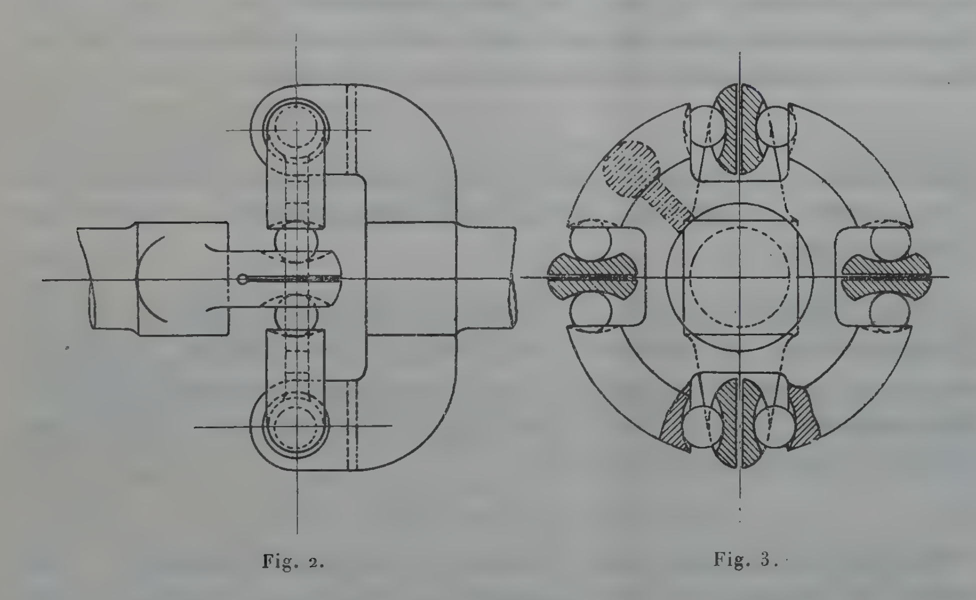


Fig. 2. Fig. 3.

deux axes, un déplacement par mouvement de transport parallèle de ces axes : 1° dans le sens de ces axes; 2° dans des sens perpendiculaires à ces axes.

L'organe ainsi représenté réunit donc, en un seul joint : l'inclinaison du cardan, le déplacement latéral du joint de Oldham, et en plus un déplacement longitudinal dans le sens des axes.

Cet organe est de construction simple et économique, puisque les pièces

peuvent rester brutes de forgeage ou d'estampage; seules les cuvettes demandent à être proprement embouties.

Les figures 4 et 5 représentent sur le même principe une série d'éléments

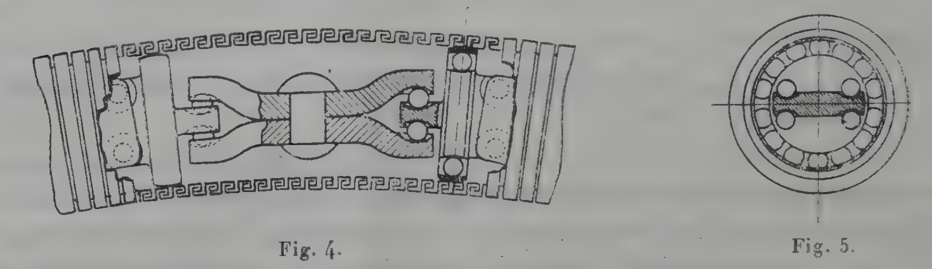


Fig. 4. Fig. 5.

portant extérieurement, de deux en deux, un roulement à billes. Cette série, introduite dans un tube métallique souple, fournit une transmission flexible très puissante par rapport à son diamètre et son poids, permettant de grandes vitesses, et à rendement presque parfait.

Ses éléments sont bruts de matriçage, sauf la portée intérieure des roulements. Sa construction est essentiellement économique.

ASTRONOMIE. — *Précisions nouvelles sur la loi exponentielle des distances des planètes et satellites.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

J'ai fait connaître et démontré (*Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 173) une loi exponentielle de distribution en distance des planètes, applicable aussi à tous les satellites *dans la région directe de chaque système et dans son plan équatorial* [1]. La distance x_n au centre du système dont C est la caractéristique est donnée par la formule

$$x_n = a + C^n \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots). \tag{1}$$

On a fait diverses objections à cette loi : 1° sa grande précision; 2° l'obtention de distances ne correspondant pas à des astres observés, ce qui peut faciliter des coïncidences fortuites; 3° l'impossibilité de la démontrer en partant de la seule astronomie newtonienne.

La loi de Bode était une simple recette arithmétique non applicable aux satellites. La nouvelle loi partage sa précision avec toutes celles qui révèlent une vibration dans les phénomènes naturels; aucun physicien n'a

[1] Ainsi que je l'ai montré dans mon *Essai de Cosmogonie tourbillonnaire*, p. 19.

jamais parlé de « coups de pouce » à propos de la loi de Balmer d'une extraordinaire précision dans l'application. La loi des distances résulte de la vibration produite dans un choc cosmique analogue à celui d'une Nova.

Sur 45 distances calculées par (1) dans les systèmes du Soleil, de Mars, Jupiter, Saturne et Uranus, il y a 15 distances seulement relatives à des astres non observés ou seulement soupçonnés. Sur 15 distances, 5 appartiennent au système planétaire (0,2888 — 0,2965 — 0,3111 — 0,33386 — 0,4878) et correspondent aux anneaux produisant la lumière zodiacale ou aux masses qui troublent les mouvements de Vénus, de Mercure et de la comète d'Encke, ayant donné lieu aux recherches de Le Verrier, Newcomb et Backlund. La nouvelle loi correspond si bien à la réalité que, trouvée quelques années plus tôt, elle aurait permis d'annoncer l'existence à sa vraie distance (2,53) du satellite V de Jupiter dont la découverte laissa d'abord incrédules quelques astronomes en France parce qu'elle ne cadrait pas avec la théorie de Laplace.

Que la démonstration de la loi des distances ne puisse s'obtenir par l'application des lois de Newton, cela n'a rien d'anormal : la formation des queues des comètes ne relève pas non plus de l'attraction ; la pesanteur est toujours négligée et négligeable dans les tubes cathodiques où l'on étudie les trajectoires d'ions cependant pesants. Les vitesses initiales considérables dans les trajectoires balistiques les rendent dans une large mesure indépendantes de la pesanteur. Il a pu en être de même pour la matière cosmique animée à l'origine de vitesses énormes non dues à l'attraction des masses qui n'étaient pas condensées, mais à des chocs et aux radiations consécutives.

Le premier terme a de la loi (1) a une signification précise : c'est le rayon du tourbillon générateur du système : mais que représente la caractéristique C? Comparons dans chaque système les C aux valeurs des masses M de chaque astre central en prenant comme unité leur rayon équatorial. Soit d la densité et $1 : \alpha$ l'aplatissement. La masse M est donnée par la formule

(2) $$M = \frac{4}{3}\pi d\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right).$$

Le Tableau suivant donne, en prenant les éléments de l'*Annuaire* 1916, le rapport ρ de C à $M^{\frac{1}{3}}$:

Systèmes :	Planétaire.	Mars.	Jupiter.	Saturne.
C	1,883	2,57	1,7176	1,311
$\rho = C : M^{\frac{1}{3}}$	1,039	1,023	0,983	0,970

On a négligé les éléments du système d'Uranus comme trop incertains. Bien que l'influence de la distance apparaisse encore dans les ρ, les valeurs de C sont sensiblement égales à $M^{\frac{1}{3}}$, et la loi (1) peut s'écrire :

$$(3) \qquad x_n = a + \rho^n M^{\frac{n}{3}}, \qquad 1{,}039 > \rho > 0{,}970.$$

Sous cette forme on voit nettement que la distance et l'écartement des satellites de même rang décroissent rapidement avec la densité d de l'astre central. Leur nombre dans un intervalle donné est d'autant plus grand que la densité d est plus faible : ainsi jusqu'à la distance 10, il y a 2 satellites pour Mars ($d = 3{,}8$), 4 pour Jupiter ($d = 1{,}36$), 8 pour Saturne ($d = 0{,}70$). Pour le premier satellite d'un système ($n = 1$) on pouvait prévoir la forme de (3); car pour une durée de révolution donnée, d'après la troisième loi de Képler, la distance est proportionnelle à $M^{\frac{1}{3}}$. Il en résulte que a est aussi proportionnel à $M^{\frac{1}{3}}$. La formule (3) conduit à plusieurs conséquences intéressantes.

1° Pour un astre sphérique avec $\rho = 1$ et $M = 1$, on a

$$\frac{4}{3}\pi d = 1, \qquad \text{d'où} \qquad d = 0{,}24.$$

Ainsi tous les satellites d'un astre central de densité 0,24 seraient à la même distance du centre; réunis en un seul anneau à la distance $a + 1$. Il en serait de même pour un astre de densité 0,27 qui aurait l'aplatissement de Saturne.

Beaucoup d'étoiles doubles ont une densité inférieure à 0,24 : si elles ont des planètes, il est probable qu'elles sont réunies en un anneau à faible distance de centre; c'est parce que la densité de Saturne (0,70) est voisine de 0,27 qu'elle est la seule planète ayant des anneaux.

2° Les formules (2) et (3) permettent de trouver les distances des satellites de la Terre *mesurées dans son plan équatorial.*

La Lune, qui en est écartée angulairement de plus de 18°, l'aurait atteint vers la distance 70 (au lieu de 60,27).

Diverses considérations permettent de fixer a pour la Terre à 0,35 et d'ailleurs la détermination de a influe peu sur celle de C. On peut prendre $\rho = 1$ ou $\rho = 1{,}023$ comme pour Mars. On a ainsi pour la Terre deux valeurs possibles de C : $C_1 = 2{,}845$ et $C_2 = 2{,}911$. Dans les deux cas, il faut élever C_1 et C_2 à la *quatrième puissance* pour obtenir une distance voisine de 70 (65,8 par C_1 et 72,2 par C_2).

Ainsi *la Lune ne peut être que le quatrième satellite de la Terre :* car la loi exponentielle des distances qui s'applique très exactement à 30 planètes et satellites directs ne peut pas ne pas s'appliquer à la Lune. Les autres satellites de la Terre étaient vers les distances primitives 3,2 — 8,7 — 25 — dont les deux premières correspondent visiblement aux satellites de Mars, Phobos (2,77) et Deimos (6,95).

Dès lors des théories, comme celle de Darwin, faisant sortir la Lune de la Terre, se heurtent à la même impossibilité qu'il a rencontrée pour expliquer les satellites multiples de Jupiter, puisque la Lune n'a pas été le seul satellite terrestre; et d'autre part la disparition des zones satellitaires situées au-dessous de la Lune ne peut avoir eu lieu que par précipitation dans la région équatoriale où elles ont dû produire des phénomènes de la plus haute importance pour la structure de son écorce.

CHIMIE. — *Sur l'iode colloïdal.* Note de MM. **H. Bordier** et **G. Roy**, présentée par M. Armand Gautier.

L'un de nous a déjà indiqué (¹) que certains caractères des solutions d'iode dans l'eau conduisent à admettre que l'iode s'y trouve à l'état colloïdal.

Il serait très difficile d'établir ce fait par expérience cryoscopique, car la solution obtenue en mettant l'iode en contact avec de l'eau pure (à l'abri de la lumière) ne contient, à 0°, que $0^g,165$ d'iode. L'abaissement à observer, si l'iode était à l'état moléculaire I^2, ne serait que de 0°,0012, c'est-à-dire de l'ordre des erreurs expérimentales de la cryoscopie de haute précision. Cependant, nous avons fait des expériences dans lesquelles l'abaissement a été nul ou n'a pas dépassé 0°,0005 ($\frac{1}{10}$ de division du thermomètre au $\frac{1}{200}$ de degré).

L'examen ultramicroscopique, plus simple et plus rapide, a été ensuite utilisé pour des recherches qualitatives. Si l'on examine une préparation d'eau pure dans laquelle on introduit quelques grains d'iode cristallisé, on ne tarde pas à voir de nombreuses particules brillantes, animées du mouvement brownien (²), mais elles se collent assez vite à la paroi du verre inférieur. Une solution fraîchement préparée d'iode dans l'eau montre aussi des particules mobiles.

(¹) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 205.

(²) Expérience de l'un de nous (*Lyon médical*, juillet 1911, p. 174).

On peut obtenir des préparations aqueuses plus riches en iode, en versant quelques gouttes de teinture d'iode concentrée dans l'eau pure. La quantité d'iode soluble dans le mélange d'eau et d'alcool étant moindre que la somme des quantités qui seraient dissoutes dans chacun des liquides séparés, il y a précipitation de l'iode en grande partie sous forme de petits cristaux à section losangique, mais il y a aussi un grand nombre de particules mobiles, d'apparence granulaire, qui se déposent assez vite. En chauffant ce liquide quelques heures à 100° dans une ampoule fermée, on obtient une liqueur rouge brun foncée, montrant à l'ultramicroscope des particules mobiles nombreuses encore peu stables; après repos, il se forme un dépôt composé de particules assez grosses agglomérées. Il n'y a plus de cristaux.

La tendance de l'iode à prendre l'état colloïdal dans l'eau est donc évidente.

Nous avons cherché à stabiliser la pseudo-solution : pour cela nous avons essayé sans aucun succès l'acide phénique, l'acide sulfurique dilué, le tannin, le chlorure de sodium, le sulfate de soude, le camphre, le benzoate de soude, le sucre.

On obtient un bon résultat en ajoutant de la teinture d'iode concentrée à une solution de gélatine à 4 pour 1000; il se forme bien un précipité noir d'iode cristallisé, mais le liquide trouble, coloré en rouge brun, se maintient même après plusieurs jours de repos et montre à l'ultramicroscope des particules beaucoup plus nombreuses que dans les préparations à l'eau pure. Elles sont tout à fait analogues à celles des préparations classiques de gomme-gutte ou d'argent colloïdal. On s'est assuré d'autre part que la solution de gélatine, avant l'addition d'iode, ne montre aucun élément mobile: la gélatine en effet est, comme on sait, un colloïde amicronnien.

La quantité d'iode contenue dans cette pseudo-solution est bien supérieure à celle qu'on admet comme se dissolvant dans l'eau. Le colloïde gélatine-iode ainsi obtenu pourrait se classer parmi les colloïdes protégés.

Par exemple, à 12g,534 d'une solution de gélatine à 4 pour 1000 on a ajouté 0g,9455 de teinture d'iode concentrée, contenant 0g,177 d'iode par gramme. Un gramme de ce liquide contenait donc 0g,004 de gélatine, 0g,058 d'alcool (alcool à 7°), 0g,9255 d'eau et a reçu 0g,0125 d'iode. Après 24 heures de repos, l'analyse du liquide trouble par l'hyposulfite de soude et l'amidon a donné, à 20°, 0g,00258 d'iode par gramme de liquide. Une solution dans l'eau ne contient à cette température que 0g,0003 d'iode, soit environ dix fois moins.

Une pseudo-solution semblable chauffée pendant 3 heures à 100° dans une ampoule fermée, fournit un liquide rouge brun foncé, montrant des particules mobiles, grosses, peu nombreuses; elle contient 0g,0062 d'iode

par gramme, et le dépôt ne montre pas de cristaux d'iode. Une solution à 2 pour 1000 de gélatine additionnée de teinture d'iode ne donne pas de pseudo-solution stable; une solution de gélatine à 10 pour 1000, qui se prend en gelée à froid, ne contient après chauffage à 100° que très peu d'iode; sa teinte est jaune clair, et il n'y a pas de particules mobiles. Il n'y a donc pas proportionnalité entre la quantité d'iode retenue et la concentration en gélatine.

Enfin, en ajoutant à 1^{cm^3} de pseudo-solution dans la gélatine à 4 pour 1000 1^{cm^3} de sulfure de carbone, on voit, après agitation, celui-ci se rassembler avec une belle teinte violette, le liquide supérieur à peine coloré ne contient plus aucune particule mobile visible à l'ultramicroscope. Cette expérience prouve en outre que l'iode n'est pas combiné à la gélatine.

La solution gélatinée à 4 pour 1000, sans iode, a été soumise dans un tube en U à une différence de potentiel de 62 volts pendant 1 heure; elle s'est nettement concentrée du côté de l'électrode négative, elle est donc chargée positivement. La pseudo-solution d'iode dans les mêmes conditions s'est déplacée du côté de l'électrode positive, la branche négative s'est complètement éclaircie sur une longueur de 2^{cm} en 15 minutes, les granules sont donc chargés négativement. L'iode dans l'eau pure se déplace dans le même sens.

L'examen du liquide clair montre encore quelques particules mobiles; le liquide coloré du côté positif contient quelques rares granules, mais surtout des cristaux d'iode en forme de spicules allongés. Dans un essai, où, par inadvertance, on avait ajouté à la pseudo-solution un peu d'hyposulfite de soude, le déplacement eut lieu dans le même sens, mais il se forma un coagulum rouge brun foncé montrant à l'ultra des amas de granules agglomérés n'ayant nullement l'aspect cristallin.

L'addition de gélatine chargée en sens contraire ne devait nullement stabiliser l'iode colloïdal, mais le coaguler. Nous sommes ainsi conduits à admettre que l'iode dans l'eau pure est bien à l'état colloïdal, mais sous forme de granules trop petits pour être vus à l'ultramicroscope (amicrons) et que la présence de la gélatine, dans des proportions convenables, a pour effet de faciliter la réunion de ces amicrons en particules plus grosses visibles à l'ultramicroscope. Dans l'expérience du transport électrique en présence d'une petite quantité d'hyposulfite de soude, la décharge n'a pas été complète et il y a eu simplement coagulation; avec la pseudo-solution pure, la décharge des particules a été complète et l'iode a repris sa forme cristalline.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rôle catalytique du nitrate de potassium dans la fermentation alcoolique produite par le* Sterigmatocystis nigra. Note de M. **Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Comme tous les végétaux placés dans une atmosphère privée d'oxygène le *Sterigmatocystis nigra* décompose le sucre qui est mis à sa disposition et produit le phénomène de la fermentation alcoolique. Considérons tout d'abord une culture de la Mucédinée effectuée sur une solution nutritive où l'azote existe sous forme de chlorure d'ammonium (2 pour 1000) et dont la composition est la suivante :

Eau distillée (quantité suffisante)......	500
Saccharose..........................	25
Chlorure d'ammonium................	1
Sulfate de magnésium	0,12
Phosphate dipotassique...............	0,20
Sulfate de fer.........................	0,02
Sulfate de zinc........................	0,02

La culture est réalisée dans un matras fermé à la lampe et communiquant avec un manomètre à air libre; les indications de celui-ci sont comparées à celles d'un appareil identique, mais non ensemencé; on constate que, lorsque tout l'oxygène est consommé, le mycélium cesse de se développer, mais qu'il continue à se dégager du gaz carbonique; on peut en apprécier le volume par l'augmentation de pression qui se produit dans le vase de culture.

C'est ainsi que pour un matras contenant 50^{cm^3} de liquide nutritif et 135^{cm^3} d'atmosphère, il s'est dégagé $15^{cm^3},7$ de gaz carbonique. La culture dont il est question a été laissée à la température du laboratoire et, le semis ayant été effectué le 28 juillet, la vie anaérobie a commencé le 1er août pour se poursuivre jusqu'au 15 août.

Considérons maintenant une culture du Champignon réalisée dans les mêmes conditions, mais en remplaçant le chlorure d'ammonium par de l'azotate de potassium à la même concentration de 2 pour 1000 (comme conséquence, le phosphate disodique a été substitué au phosphate dipotassique); la germination subit de ce fait un retard appréciable (au moins 24 heures) et le développement du mycélium est ralenti; mais, par contre, la vie anaérobie dure un mois environ de plus que dans le cas précédent; la quantité de gaz carbonique dégagé atteint 52^{cm^3}.

Je me suis assuré qu'il ne s'agissait pas d'un phénomène de dénitrification; à la fin de l'expérience, on ne peut mettre en évidence dans le liquide la moindre trace de nitrite; l'ammoniaque y existe, mais à l'état de traces ($0^{mg},4$), et sa présence peut s'expliquer par une légère nécrobiose du mycélium. De plus, l'analyse directe du gaz contenu dans le vase lorsque tout dégagement a cessé concorde absolument avec la composition qu'on déduit du changement de pression, en supposant qu'il ne se produit qu'un simple dégagement de gaz carbonique, sans mise en liberté d'azote libre, de protoxyde ni de bioxyde d'azote.

On peut encore démontrer que c'est bien uniquement un dégagement de gaz carbonique qui a lieu en mettant l'atmosphère interne en relation avec de la lessive de potasse; la dénivellation progressive qui s'établit au début ne subit plus, quand tout l'oxygène a été utilisé, que les variations de la pression atmosphérique; sa valeur montre que l'atmosphère interne est alors formée par le seul azote initial; cela nous prouve aussi, chemin faisant, que l'azote libre n'est pas utilisé par le *Sterigmatocystis nigra*. Enfin, en analysant l'azote restant dans le liquide et lui ajoutant celui que contient le mycélium, on retrouve l'azote introduit.

Si l'on fait une culture dans un volume assez considérable (500^{cm^3}), on peut reconnaître la production d'alcool et constater que la teneur du liquide de cette substance (environ 0,37 pour 100 en volume) correspond bien au volume de gaz carbonique émis ainsi qu'à la quantité de sucre consommé pendant la vie anaérobie.

En présence de 2 pour 1000 de nitrate de potassium le *Sterigmatocystis nigra* produit donc une fermentation alcoolique 3,3 fois plus considérable qu'en présence de la même quantité de chlorure d'ammonium; cela ne tient pas du reste à un développement du mycélium plus considérable dans le premier cas que dans le second; pour une atmosphère de même volume, j'ai obtenu en effet 27^{mg} de substance sèche dans le premier cas et 30^{mg} dans le second; ce poids ne dépend, pour un volume suffisant de liquide nutritif, que de la quantité d'oxygène mise à la disposition de la Mucédinée.

Si l'on fournit au Champignon des doses variables de nitrate de potassium, on observe que la concentration optima est au voisinage de 4 pour 1000.

Les résultats que nous avons obtenus pour le *Sterigmatocystis nigra* sont de même ordre que ceux qui ont été signalés il y a quelques années par Fernbach et Lanzenberg [1] en ce qui concerne les Levures; ces auteurs

---

[1] *De l'action des nitrates dans la fermentation alcoolique* (*Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 727).

ont montré en effet qu'à la dose de 20 pour 1000 le nitrate de potassium accélère la fermentation, mais que la quantité finale d'alcool reste constante; nous venons de voir que, dans le cas du *Sterigmatocystis nigra*, le nitrate prolonge d'une façon très notable la fermentation alcoolique et augmente dans la même proportion le rendement en alcool; la dose optima de l'agent catalytique est d'ailleurs beaucoup plus faible que pour les Levures, 4 pour 1000 au lieu d'environ 50 pour 1000.

BOTANIQUE. — *Sur le développement et la structure du périthèce d'une Hypocréacée.* Note de M. **F. Vincens**, présentée par M. L. Mangin.

Le développement et la structure du périthèce d'un *Melanospora* dont M. le professeur Mangin a bien voulu me confier l'étude présentent quelques particularités intéressantes que je me propose de faire connaître dans la présente Note.

L'ascogone est constitué par une cellule globuleuse portée par un pédoncule court de deux à trois cellules, il est multinucléé comme la plupart des cellules du thalle où l'on observe quatre éléments nucléaires rarement groupés en un noyau unique. Avant que l'ascogone se divise, les cellules du pédoncule émettent latéralement des rameaux courts qui s'appliquent sur lui et lui constituent rapidement une enveloppe ne comptant tout d'abord qu'une seule assise de cellules. D'autre part des filaments spiralés, nés sur les filaments mycéliens voisins, viennent s'accoler à l'ensemble ainsi constitué qu'ils entourent bientôt d'une deuxième enveloppe formée de plusieurs assises cellulaires. Souvent ces filaments recouvrants arrivent en contact avec l'ascogone avant que la première enveloppe soit entièrement constituée. Je n'ai cependant jamais observé le moindre enrichissement nucléaire de l'ascogone aux dépens d'une cellule de l'une ou de l'autre assise enveloppante.

Fréquemment, des filaments spiralés se forment isolément sur le mycélium, donnant naissance, sur leurs tours de spire, à des fructifications conidiennes du type *Spicaria*, analogues d'ailleurs à celles qui se forment directement sur le mycélium. De tels filaments nés au voisinage les uns des autres peuvent aussi se grouper et se souder en amas tuberculiformes présentant, à s'y méprendre, l'aspect extérieur de jeunes périthèces, mais restant stériles parce qu'ils n'emprisonnent aucun ascogone. Ce sont là des formations analogues à celles qui ont été déjà signalées sur le mycélium

de divers ascomycètes et dont on ne s'expliquait pas la stérilité parce qu'on prenait les filaments spiralés pour des ascogones.

Sous sa double enveloppe, l'ascogone ne tarde pas à se diviser et ses divisions successives aboutissent à la constitution d'un amas de petites cellules à contenu dense et *uninucléées*. Pendant la formation de ce tissu, la première assise enveloppante, celle qui est issue du pédoncule, multiplie abondamment ses cellules et constitue ainsi autour de lui et surtout au-dessus de lui un faux parenchyme de cellules multinucléées comme celles du thalle. Par suite de l'accroissement qui en résulte pour la masse interne, le tissu formé par les filaments enveloppants subit une poussée de dedans en dehors, les cellules de ses assises les plus voisines de cette masse s'aplatissent tangentiellement mais restent hyalines et à parois minces; les cellules des assises externes continuent à se multiplier, suivant ainsi la croissance du périthèce en même temps qu'elles brunissent et épaississent légèrement leurs parois.

A ce stade de son développement, le jeune périthèce contient donc les parties suivantes :

1° A l'intérieur, un tissu dense formé de cellules uninucléées provenant de l'ascogone; ce tissu forme un disque ou une calotte légèrement excentriques du côté de la base du périthèce.

2° Autour de ce tissu, mais plus développé au-dessus de lui, un pseudo-parenchyme issu des cellules du pédoncule de l'ascogone.

3° Enveloppant ce pseudo-parenchyme, deux à trois assises de cellules hyalines formant également un tissu pseudo-parenchymateux, mais n'ayant pas la même origine que le précédent puisqu'elles proviennent de filaments recouvrants produits par des filaments mycéliens distincts de celui qui porte l'ascogone.

4° Enfin, deux à trois assises de cellules protectrices à parois légèrement épaissies et colorées, provenant, comme les assises précédentes, des filaments spiralés recouvrants.

Plus tard on observe parfois, dans le tissu ascogène, deux cellules voisines dont la paroi commune se résorbe et dont les noyaux se fusionnent, mais, par suite de la compacité du tissu dont elles font partie, il m'est impossible de rien dire sur le degré de parenté de ces deux cellules; de plus, je ne saurais affirmer, d'après mes seules observations, que ces fusions constituent une amorce indispensable à la production des phénomènes qu'on observe ensuite dans le tissu ascogène.

Les cellules de ce dernier donnent parfois directement des asques, mais elles donnent plus souvent naissance à de courts arbuscules mycéliens, très condensés, à rameaux à peine distincts les uns des autres et dont les cellules

ultimes se transforment presque toujours en asques; quelques-unes cependant donnent naissance à des paraphyses constituées par de courts chapelets de cellules à contenu vacuolaire et multinucléées comme les cellules du faux parenchyme qui les surmonte. Ces paraphyses sont d'ailleurs rares.

Au fur et à mesure que les asques naissent et mûrissent, de nouveaux arbuscules se forment au-dessous d'elles, de telle sorte que le périthèce renferme à tout moment des asques à tous les états de développement. Pendant leur croissance, les asques se substituent peu à peu au faux tissu qui les surmonte et ainsi elles digèrent successivement le pseudo-parenchyme issu des cellules du pédoncule, puis les assises internes pseudo-parenchymateuses de l'enveloppe construite par les filaments recouvrants. Il existe donc dans le périthèce un tissu nourricier dont l'origine est double et dont les éléments d'origine différente restent continuellement distincts les uns des autres.

En même temps que ces phénomènes s'accomplissent, l'enveloppe, d'abord entièrement close, se soulève au pôle opposé à l'ascogone en un bouton conique de plus en plus saillant dont les cellules, qui paraissent être refoulées par une poussée interne et étirées par la croissance du cône, se dissocient suivant l'axe de ce cône où se constitue un canal étroit tapissé de poils hyalins en forme de massue. C'est par ce canal que seront émises les spores libérées dans le périthèce par suite de la diffluence précoce et totale de la paroi des asques.

Je n'insisterai point dans cette Note sur les phénomènes nucléaires qui se produisent dans l'asque, je me bornerai pour l'instant à indiquer que les divisions nucléaires mettant fréquemment en évidence huit chromosomes aboutissent à la formation de spores unicellulaires renfermant, soit deux noyaux, soit deux groupes de quatre chromosomes non fusionnés. A la germination, ces spores donnent deux tubes germinatifs dont chacun reçoit quatre chromosomes. Je n'insisterai pas davantage sur la cytologie du tissu ascogène; je constaterai cependant que la fusion entre deux noyaux provenant de cellules voisines mais primitivement distinctes dans ce tissu, constitue un fait non encore signalé chez les ascomycètes.

M'étant plus particulièrement attaché à l'étude de la structure du périthèce, je tiens surtout à faire remarquer que cette structure n'est pas exactement conforme à l'idée que l'on paraît généralement se faire du périthèce des *Pyrénomycètes*. Nous avons vu, en effet, que les asques naissent sur des arbuscules de cellules ascogènes, ce qui, malgré la condensation de ces arbuscules, rappelle le mode d'apparition des asques chez les *Plectascinales*.

Je montrerai prochainement que l'on retrouve cette structure, souvent avec encore plus de netteté, chez un certain nombre de Pyrénomycètes appartenant à des familles très différentes et si l'on songe que la classification actuelle des Pyrénomycètes, tout à fait artificielle, ne tient aucun compte des affinités, on comprendra l'intérêt des recherches dont je publie aujourd'hui les premiers résultats.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'acclimatation en France d'une plante à tanin à croissance rapide, la* Canaigre. Note de M. **André Piédallu**, présentée par M. Costantin.

On sait quels désastres le déboisement peut produire en France. En dehors de la guerre même et des besoins de l'Armée, une des causes du déboisement intensif est la fabrication des extraits tannants de chêne et de châtaignier, plantes à croissance lente.

Pour alimenter les usines et donner satisfaction aux besoins de cette grande branche industrielle qu'est la tannerie, tout en garantissant nos forêts de la destruction qui les menace, il faut chercher des plantes tannifères à croissance rapide.

Plusieurs Polygonacées contiennent du tanin. La Canaigre est au nombre des plus riches. Elle contient dans ses tubercules jusqu'à 28 à 30 pour 100 de tanin. J'ai déjà parlé à la Société nationale d'Acclimatation de sa culture possible et intéressante pour la Corse et la France méridionale, jusqu'à la Loire. Cette Note est destinée à montrer qu'on peut la cultiver également dans la région parisienne et la partie septentrionale de la France.

La Canaigre (*Rumex hymenosepalum* Torr.) est une plante herbacée voisine de notre oseille. Elle est originaire du sud-ouest des États-Unis, de l'Arizona et des régions avoisinantes. Elle pousse en abondance à l'état sauvage dans des terrains sablonneux de régions à humidité modérée où la température moyenne ne dépasse pas 20° à 22° C. Elle vit bien à Cuba, dans le nord de l'Italie, au jardin d'essais d'Alger, ainsi qu'au Muséum de Paris où elle est protégée par un châssis pendant l'hiver.

C'est qu'en effet, dans ces derniers pays, cette plante a une végétation hivernale et printanière.

Au Muséum, sous verre, elle pousse en novembre pour faner aux premières fortes chaleurs, fin juin. C'est d'ailleurs l'époque de la récolte dans les pays où on la cultive.

La racine continue à vivre dans le sol. Elle mûrit ses réserves et pousse à nouveau aux premières pluies d'automne.

Ses tubercules ressemblent à ceux des Dahlias. Ils ont une résistance telle à la des-

siccation, que j'en ai vu bourgeonner après plusieurs mois d'exposition sur une table de laboratoire.

Normalement, ils peuvent vivre cinq années, mais on a avantage à les récolter tous les deux ans.

On ne pouvait jusqu'ici penser à cultiver cette plante dans le nord de la France à cause de l'hiver. Les expériences que je poursuis à Sèvres (Seine-et-Oise) depuis cinq ans semblent prouver que sa culture est parfaitement possible partout en France, puisque mon plant, sans protection, n'a pas gelé pendant l'hiver 1913-1914 par des températures de — 12° C. Les essais d'acclimatation de cette plante à la région parisienne ont été faits avec des tubercules provenant du plant protégé du Muséum.

La première année, les feuilles ont poussé dès l'automne pour geler aux froids un peu vifs, la repousse eut lieu au printemps.

Dès la seconde année, la pousse eut lieu seulement en février, mars, pour faner seulement après le 15 août.

Cette année j'ai fait un essai de rendement.

Dans une caisse garnie de terre fortement mélangée de cendres et scories de houille et d'anthracite pour ameublir, fumée avec du fumier de cheval, j'ai placé, un peu tard, en mars, un tubercule d'une année qui m'a donné, en fin août, onze autres tubercules d'une bonne venue qui bourgeonnent en cette saison.

Quatre faits sont intéressants à retenir de cette expérience :

1° La Canaigre se développe naturellement sous nos climats.

2° La végétation retardée, d'automnale devient printanière.

3° Elle résiste ainsi facilement aux froids de nos hivers.

4° Dans un sol meuble et nourri, elle paraît donner un rendement intéressant, même placée dans un endroit peu favorable par défaut de lumière et abondance de parasites.

Il y aurait lieu de faire des cultures en plein champ pour étudier le rendement pratique de cette plante et aussi d'étudier son rendement en tanin sous nos climats; c'est ce que je me propose de faire dès que les circonstances me le permettront.

ZOOLOGIE. — *Viviparité et parthénogenèse chez les Annélides polychètes : un nouveau Syllidien vivipare* (Ehlersia nepiotoca, *n. sp.*). Note de MM. **M. Caullery** et **F. Mesnil**, présentée par M. Henneguy.

1. La viviparité chez les Annélides polychètes est un phénomène tout à fait exceptionnel. En ayant découvert un exemple [1] en 1898, chez un

[1] Mesnil et Caullery, *Sur la viviparité d'une Annélide polychète* (*Comptes rendus*, t. **127**, 1898, p. 486-489).

Cirratulien, *Dodecaceria concharum* Oerst. (forme A), nous avons fait une revue critique des cas précédemment signalés (¹) et nous avons conclu à les classer en deux groupes : 1° viviparité occasionnelle avec hermaphrodisme (Néréidiens, Serpuliens); 2° viviparité probablement normale et avec parthénogenèse (Cirratuliens, Syllidiens).

Nos observations sur *Dodecaceria*, faites sur un très grand nombre d'individus, nous ont conduits à voir dans sa viviparité, chez la forme A, un phénomène normal et ne pouvant se concevoir qu'avec parthénogenèse.

Pour le cas des Syllidiens, la viviparité de *Syllis vivipara*, alors encore contestée, a été ensuite définitivement établie, dans les conditions où Krohn l'avait décrite, par les observations de Ferronnière, de Goodrich et de A. Michel (²). Ces deux derniers auteurs ont eu sous les yeux, l'un 20, l'autre 14 individus, tous vivipares et sans trace de spermatogenèse. La parthénogenèse et le caractère normal de la viviparité chez ce Syllidien sont donc tout à fait vraisemblables.

Rappelons encore que Monticelli, qui a découvert la reproduction sexuée des *Ctenodrilus* (³), a constaté qu'elle avait lieu avec viviparité, liée, d'après lui, à l'hermaphrodisme probablement et à l'autofécondation.

2. En septembre dernier, nous avons observé la viviparité, dans des conditions semblables à celles de *Syllis vivipara*, chez un des nombreux Syllidiens vivant dans les mares à *Lithothamnion* de la Hague (anse Saint-Martin). Il s'agit encore d'une *Syllis*, mais nettement différente des espèces vivipares connues, *S. vivipara* Krohn et *S. incisa* Fab., qui appartiennent au sous-genre *Typosyllis*. La nôtre rentre dans le sous-genre *Ehlersia*, caractérisé par le dimorphisme des soies et y fait partie du même groupe de formes que *E. cornuta* Rathke, *E. sexoculata* Ehl., *E. nitida* Verrill, etc., groupe caractérisé, dès le premier sétigère, par ses soies anormales composées, à serpe terminale très longue et fine.

L'*Ehlersia* de la Hague se différencie morphologiquement par sa petite taille (5^{mm} à 6^{mm} sur $0^{mm},5$ après fixation), par le petit nombre de ses segments (35 à 47), par ses antennes et cirres pauciarticulés (nombre moyen d'articles 10, dépassé seulement pour l'antenne impaire et les cirres du

---

(¹) Caullery et Mesnil, *Les formes épitoques et l'évolution des Cirratuliens* (*Ann. Univ. Lyon*, fasc. 39, 1898, 3ᵉ Partie, Chap. V, p. 178-183).

(²) Ferronnière, *Bull. Soc. Sc. nat. Ouest France*, t. 9, 1899, p. xxv, et 2ᵉ série, t. 9, 1909, p. vi-viii. — Goodrich, *Journ. Linnœan Soc. London : Zoology*, t. 28, 1900, p. 105-108. — Michel, *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 1423.

(³) *Congr. Natural. ital., Milano*, 1906, et *Archivio zoologico*, t. 4, 1910, p. 401.

premier et parfois du quatrième sétigère). Nous en ferons ailleurs une étude détaillée. Nous la considérons, pour le moment, comme une espèce nouvelle et distincte, que nous nommerons *Ehlersia nepiotoca* n. sp. ([1]).

Nous en avons rencontré six individus, renfermant, dans le cœlome, des jeunes à divers stades du développement, au nombre d'une dizaine. Les plus âgés avaient 13 sétigères et étaient complètement différenciés dans tous leurs organes, externes ou internes (parapodes, tube digestif, proventricule, etc.). Ils sortent donc de l'organisme maternel, comme chez *S. vivipara*, à un stade très avancé et sont produits en petit nombre. Parmi les nombreux Syllidiens du même habitat, nous n'en avons trouvé, à cette période de l'année, aucun qui puisse être considéré comme le mâle de l'espèce. On se trouve donc, par les observations précises de Goodrich, de Michel et de nous-mêmes, en les groupant, comme il est logique, tant chez *S. vivipara* que chez *E. nepiotoca*, en présence de 40 femelles, sans qu'on ait vu aucun mâle ni constaté trace d'hermaphrodisme. Il est donc de plus en plus probable que la viviparité de ces Syllidiens, comme celle de *Dodecaceria*, est d'ordre parthénogénétique.

Il faut noter en outre l'évolution toute spéciale de l'ovaire de ces Syllidiens vivipares, un très petit nombre d'ovules se formant à la fois, à la différence des types ordinaires.

3. La question se pose de savoir si ces Syllidiens vivipares sont des espèces réellement autonomes, n'existant et ne se propageant que sous cette forme ou bien s'ils ne représentent qu'une phase plus ou moins prolongée d'un cycle se terminant par une forme ovipare et bisexuée.

Déjà, en 1898, pour *Dodecaceria*, nous avons indiqué la possibilité que les individus vivipares se transforment finalement en la forme *C*, épitoque, ovipare et plus grande.

Tous les auteurs qui ont observé *S. vivipara*, insistent sur son étroite ressemblance morphologique avec *S. prolifera*. De même, *E. nepiotoca* diffère peu de *E. sexoculata* qui est plus grande, certainement ovipare et schizogame. En somme les formes vivipares se rapprochent énormément de certaines espèces ovipares. Peut-être se transforment-elles régulièrement ou dans des conditions déterminées, en individus ovipares et schizogames. Ferronnière, en particulier, a soupçonné une transformation de ce genre, sous l'influence des facteurs extérieurs, pour la *S. vivipara* qu'il a rencontrée au Croisic, à côté de *S. prolifera*. Alors la viviparité de cette

---

([1]) De νηπίος, jeune, et τόκος. Ce nom rappelle la viviparité. Le nom *vivipara* ne peut être employé, étant déjà appliqué à une autre espèce du genre *Syllis*.

espèce ne serait pas un processus normal, mais dépendant des circonstances ; nous ne croyons guère cette dernière hypothèse vraisemblable.

Nous inclinerions plutôt aujourd'hui à concevoir la signification de ces formes parthénogénétiques et vivipares d'une façon que nous avions déjà suggérée en 1898 (*loc. cit.*, p. 182, note) et que nous allons préciser.

Les *Syllis* vivipares, peut-être aussi les *Dodecaceria*, seraient un cas de parthénogenèse cyclique pædogénétique, équivalent à celui qui est bien connu maintenant chez certaines larves de Cécidomyies (*Miastor*, etc.). On sait que ces Diptères se propagent, pendant une série de générations, à l'état larvaire, par parthénogenèse et viviparité, jusqu'à ce que, en vertu d'un déterminisme encore mal connu, une génération finale de larves se transforme, sans s'être préalablement reproduite, en insectes parfaits, femelles ovipares ou mâles. Les larves vivipares ne sont donc pas des espèces distinctes, autonomes, mais une forme particulière d'un cycle où, comme dans la généralité des cas de parthénogenèse, ce mode de multiplication alterne avec la reproduction bisexuée. Il y a, pour qui a observé les phénomènes chez les *Syllis* et les Cécidomyies, des analogies d'allure frappantes.

Dans cette hypothèse, les *Syllis* vivipares se rattacheraient à d'autres formes se reproduisant normalement. Elles se propageraient pendant une série plus ou moins longue de générations, par parthénogenèse et viviparité, à un stade de jeunesse (pædogenèse) indiqué par leur petit nombre de segments, et finiraient, suivant un déterminisme à préciser, par donner la forme parfaite ovipare et bisexuée de l'espèce. Des cultures de ces *Syllis* vivipares en aquarium, que nous ne pouvons pas réaliser en ce moment, permettraient vraisemblablement la vérification de cette hypothèse.

MÉDECINE. — *L'entérite, panne nerveuse.* Note de M. **Pierre Bonnier**, présentée par M. Ed. Perrier.

Comme chez le nourrisson, l'entérite de l'adulte doit être considérée comme une *panne* des centres nerveux bulbaires qui règlent les fonctions digestives (motrices, sensitives, sécrétoires, diaphylactiques). Des milliers d'expérimentations, poursuivies systématiquement par moi depuis neuf ans, et qui ont fait l'objet de multiples publications, montrent que tous les troubles digestifs, quels qu'ils soient, disparaissent souvent presque instantanément, si l'on parvient à solliciter physiologiquement ces centres bulbaires digestifs, au moyen de légères galvanocautérisations de la muqueuse nasale,

par l'intermédiaire des filets du nerf trijumeau aboutissant dans le bulbe au niveau de ces centres.

On peut, chez le nourrisson, faire disparaître la panne digestive aussi facilement que la panne respiratoire à la naissance. Des millions de nouveau-nés seront sauvés de cette cause si fréquente de destruction quand le corps médical comprendra le parallélisme de ces deux pannes bulbaires, et traitera la seconde comme on traite la première depuis qu'il naît des enfants.

Depuis la guerre, les privations, le malmenage digestif, le froid, et par-dessus tout l'anxiété, que connaissent les plus braves, mettent bon nombre d'activités nerveuses en équilibre instable, et la panne digestive n'a guère d'autre cause chez nos soldats. Le traumatisme lui-même trouve facilement un terrain propice à la provocation de grands désarrois fonctionnels, lesquels, grâce au mécanisme de l'épistasie, persistent longtemps après la disparition du choc qui leur a donné naissance. Ici encore, quand cette méthode physiologique sera comprise et appliquée, on récupérera aisément des milliers de soldats qui traînent dans les hôpitaux, depuis de longs mois, des entérites dont le traitement ordinaire ne peut avoir raison.

Quand il s'agit d'éveiller ou de réveiller des centres bulbaires, il faut observer que, pour des fonctions qui mettent en œuvre la motricité dite volontaire et les muscles striés, comme pour l'acte respiratoire, comme pour les phénomènes paratoniques, contractures, qui suivent les blessures de guerre, la sollicitation centripète peut, dans une prudente mesure, être vive, brutale, comme dans la flagellation du visage chez le nouveau-né ou le chloroformé qui asphyxient, ou dans le *torpillage* électrique des contracturés traumatiques. Mais s'il s'agit de rendre leur équilibre fonctionnel à des centres viscéraux, moteur à fibres lisses, sécrétoires, diaphylactiques, surtout quand il y a anxiété, l'expérience montre au contraire qu'il faut rechercher la plus délicate sollicitation, à peine sentie. La manière forte, l'attaque brusquée ne valent rien pour rendre l'équilibre à un centre physiologiquement luxé, en épistasie, et tout ce qui ressemble à un torpillage sera plutôt dangereux, ne supprimant aucun trouble, pouvant l'exagérer ou en susciter d'autres.

A 16 heures trois quarts l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

LES LABORATOIRES NATIONAUX DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

(Rapport de la Commission d'action extérieure de l'Académie des Sciences : MM. Jordan, *président* ; Lippmann, Émile Picard, d'Arsonval, Haller, A. Lacroix, Tisserand ; Le Chatelier, *rapporteur*.)

Toutes les grandes nations industrielles, à l'exception de la France, possèdent des laboratoires nationaux de recherche scientifique systématiquement orientés vers l'étude des problèmes techniques; ces laboratoires ont exercé une action féconde sur le développement économique de nos concurrents. En Angleterre, le National Physical Laboratory, créé sur l'initiative du professeur Glazebrook, son directeur actuel, de lord Rayleigh, de Sir Robert Hadfield et placé sous le contrôle de la Société royale de Londres, a pris rapidement un grand développement. En outre, depuis la guerre, le Parlement a voté une subvention annuelle dépassant 1 million de francs pour les encouragements à la recherche scientifique. Aux États-Unis, le Bureau of Standards dispose de crédits plus considérables encore. D'autre part, le Ministère de l'Agriculture, à Washington, et les divers États consacrent annuellement près de 20 millions à l'entretien de laboratoires et de stations expérimentales travaillant à des recherches de science agricole. Enfin la fameuse Institution Carnegie, fondée au capital de 100 millions, a créé des centres d'étude devenus célèbres par la publication de travaux scientifiques de tout premier ordre. En Allemagne, le Physikalische Reichsanstalt a été organisé sous l'impulsion de Werner Siemens; plus récemment, le Technische Reichsanstalt a pris une situation considérable sous la direction du professeur Martens; aujourd'hui enfin, la Wilhelm Gesellschaft fonde de nombreux Instituts de recherche, grâce à une subvention de 30 millions versée à l'empereur par les grands industriels allemands.

La France ne peut pas continuer à se désintéresser de ce mouvement scientifique. Dans le passé, elle a pendant longtemps gardé l'initiative de toutes les études tendant à appliquer les découvertes scientifiques au progrès de l'industrie. Faut-il rappeler les travaux de Vicat sur les ciments,

point de départ de l'industrie des produits hydrauliques dans le monde entier; les recherches de céramique inaugurées par Brongniart à la Manufacture de Sèvres et si brillamment continuées par Salvetat, Ebelmen et Vogt; les études de Regnault sur les propriétés de la vapeur d'eau, titre de gloire inoubliable pour les laboratoires du Collège de France ou encore les travaux de science agronomique effectués au Conservatoire des Arts et Métiers par Boussingault et Schlœsing. Dans l'industrie privée, le laboratoire de la Compagnie parisienne du Gaz, créé sur les indications de Regnault, et dirigé successivement par Audoin et Émile Sainte-Claire Deville, nous a longtemps maintenus à la tête de tout progrès dans l'éclairage au gaz. Les recherches sur les alliages métalliques, dirigées et subventionnées par la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale, sont partout citées avec honneur. Mais, aujourd'hui, tous ces centres de recherche sont en sommeil.

Des savants isolés continuent certainement à s'intéresser aux recherches de science industrielle : les travaux de MM. Mesnager, Rabut sur le ciment armé, de MM. le duc de Guiche, Eiffel sur la résistance de l'air, Frémont sur les machines-outils, etc. font grand honneur à la France, mais ce sont des initiatives individuelles; elles s'exercent en dehors de toute organisation permanente assurant la continuité des recherches et cesseront lors de la disparition de leurs auteurs.

Le rôle prépondérant des sciences expérimentales dans le développement de l'Industrie est aujourd'hui un fait hors de discussion. Sans l'intervention directe de la Science, il faut se contenter de copier ses voisins et d'entretenir une industrie languissante. La plupart des progrès si rapides de ces cinquante dernières années sont dus à l'emploi des méthodes scientifiques de travail. Le laboratoire est devenu un des organes les plus indispensables de l'usine moderne. Faute de l'avoir compris, nous nous sommes dans le passé laissé devancer par nos concurrents étrangers. Puisse cette leçon ne pas être perdue. Après la guerre nos industriels voudront certainement rattraper le temps perdu. Mais les laboratoires d'usine ne suffisent pas : de nombreux problèmes nécessitent pour leur étude des installations plus complètes. Les laboratoires nationaux doivent répondre à ce desideratum. L'emploi de la méthode expérimentale demande souvent l'usage de procédés de mesure perfectionnés et très délicats, difficiles à introduire dans les usines particulières. D'autre part, les dépenses relatives à certaines questions d'intérêt général doivent légitimement être supportées par l'ensemble des contribuables.

Enfin, l'absence d'organisations consacrées à l'étude des problèmes d'intérêt général nous a souvent mis vis-à-vis de l'étranger dans un état d'infériorité regrettable. En 1908, lors de la Conférence de Londres instituée en vue de la revision des étalons électriques, la France faillit être écartée des recherches internationales projetées, faute d'avoir un laboratoire national autorisé pour collaborer à ces études. Il fallut attribuer au Laboratoire de la Société internationale des Électriciens un caractère gouvernemental fictif, pour lui permettre de nous représenter utilement.

Pour la même raison, beaucoup de méthodes de mesure employées dans nos laboratoires d'essais sont d'origine étrangère. Les essais de ciment se font avec la briquette Michaëlis (Allemagne), avec la sonde Tetmajer (Hongrie), etc. On a récemment adopté, à la suite d'une entente internationale, un procédé d'essai des métaux, dit *des barreaux entaillés*, d'origine exclusivement française; mais son adoption a été votée au Congrès de Copenhague, sur le rapport d'un des directeurs des établissements Krupp, rapport présenté au nom d'une Commission d'ingénieurs allemands et appuyé sur des expériences faites au laboratoire de Gross Lichterfeld. Nous n'avions pas eu le moyen de mettre nous-mêmes cette question au point.

L'étude des procédés de mesure servant aux essais des matériaux et des machines, le choix des grandeurs à mesurer pour définir les qualités des matériaux appartiennent aux laboratoires nationaux; cette fonction leur est dévolue dans tous les pays étrangers. Pour étudier utilement ces méthodes de mesure, très improprement appelées *méthodes d'essai* (ce terme est une réminiscence de l'empirisme et de l'alchimie des siècles passés), il faut avoir l'occasion d'exécuter assez fréquemment ces essais et bien en posséder la pratique. Cependant leur réalisation habituelle n'est pas une fonction essentielle des laboratoires nationaux. Les essais courants doivent normalement être faits dans les laboratoires d'usine ou dans des laboratoires particuliers. En cas de désaccord, il appartient aux laboratoires nationaux de départager les laboratoires privés. Jamais cependant les dépenses de ces études, faites au profit d'intérêts particuliers, ne doivent être supportées par les contribuables. Au National Physical Laboratory, toutes les recherches privées sont taxées à un chiffre supérieur de 50 pour 100 aux dépenses réellement occasionnées et cet excédent de recettes est appliqué à des recherches d'intérêt général.

La fonction essentielle des laboratoires nationaux est de se livrer à des recherches scientifiques d'intérêt général pour l'industrie, mais ne pouvant pas rapporter de bénéfice immédiat, ou encore à des recherches intéres-

sant un grand nombre d'établissements industriels distincts, la réalisation parallèle des mêmes recherches dans toutes les usines devant entraîner des dépenses inutiles. Comme exemple de recherches d'intérêt général, à réalisations lointaines, on peut mentionner les études sur la constitution des métaux et alliages poursuivies très activement aujourd'hui dans les trois grands laboratoires de Londres, Washington et Berlin; les recherches sur la constitution des ciments hydrauliques poursuivies à Washington et à Berlin. La connaissance plus complète de ces matériaux, d'un usage si fréquent, est certainement avantageuse à l'industrie en général, sans se traduire pour cela par la découverte de nouveaux produits vendables. Il en est de même des recherches poursuivies dans différents laboratoires de l'Institution Carnegie, par exemple celles du Geophysical Laboratory, sur la constitution des silicates de l'écorce terrestre et des laitiers industriels, ou celles du Nutrition Laboratory, sur l'alimentation des êtres vivants, etc.

Parmi les recherches d'une application plus immédiate, intéressant à la fois un grand nombre d'établissements similaires, on peut mentionner les études effectuées au laboratoire anglais sur les outils en acier à coupe rapide, sur les propriétés et la fabrication des alliages légers d'aluminium, sur les meilleures formes des carènes de navires de commerce, sur les toiles et enduits servant à la construction des aéroplanes et des ballons, etc.

Le laboratoire de Londres, et certainement aussi celui de Berlin, mais nous manquons de renseignements sur les travaux récents de ce dernier, ont rendu depuis le commencement de la guerre des services inappréciables à leur pays. Le laboratoire de Londres, indépendamment d'études encore tenues secrètes, a mis au point la fabrication de la verrerie de laboratoire, généralement importée d'Allemagne avant la guerre ; il a précisé les dimensions des canalisations nécessaires sur les navires de guerre pour la circulation des différents pétroles employés au chauffage des chaudières; il l'a fait par des mesures de grande précision sur les coefficients de viscosité des divers carbures d'hydrogène et sur leur variation en fonction de la température ; il a étudié les appareils d'optique employés pour le réglage du tir de l'artillerie, etc. Il est malheureusement trop facile au contraire de montrer les inconvénients graves occasionnés chez nous par l'absence d'une organisation semblable. Nous en sommes encore à chercher comment faire étudier la verrerie de laboratoire fabriquée en France. De ce fait nos industriels se trouvent en retard de plus d'un an sur leurs concurrents anglais. Pour le réglage de nos fours céramiques, nous employions des montres, dites de Seger, fabriquées en Allemagne et étalonnées dans les

laboratoires de ce pays. Nous pourrions en fabriquer, mais nous ne savons où les faire étalonner. De même pour les produits réfractaires et surtout les briques de silice. Nous les faisions venir, pour la majeure partie, de l'étranger et aujourd'hui, faute d'une installation pour en contrôler les propriétés, nous n'arrivons pas à mettre notre fabrication au point. Bien d'autres exemples intéressant plus directement la défense nationale doivent pour le moment être passés sous silence.

Les recherches poursuivies dans ces laboratoires nationaux diffèrent complètement de celles des laboratoires scientifiques proprement dits. Elles ne visent pas à découvrir des faits nouveaux, mais à préciser par des mesures multiples des faits connus d'une façon seulement qualitative. La fabrication des montres Seger, par exemple, n'exige aucune découverte; on connaît depuis longtemps le fait de l'abaissement du point de fusion du kaolin par l'addition de bases alcalines ou alcalino-terreuses. Il faut seulement déterminer, par des mesures très précises, le nombre de degrés correspondant à des additions déterminées de fondant. Ce sont là des expériences fastidieuses, demandant la répétition des mêmes mesures sur des mélanges de composition progressivement variables. Les savants indépendants, travaillant dans leurs laboratoires personnels, ne se consacrent pas volontiers à des recherches semblables. Elles n'en sont pas moins de première importance. Les laboratoires organisés pour leur réalisation rendent à l'industrie et même à la science des services égaux, parfois supérieurs à ceux des laboratoires orientés vers la seule découverte des faits nouveaux. En tout cas les domaines propres à ces deux catégories de laboratoires sont entièrement distincts.

L'étude des détails d'organisation des laboratoires de recherche a une grande importance pour en assurer le bon rendement. Le personnel doit avant tout être rompu aux méthodes scientifiques de travail. Cela est indispensable du moment où le but essentiel de ces laboratoires est d'appliquer aux problèmes de la pratique les ressources les plus complètes de la Science. On pourrait être tenté d'attribuer aux connaissances techniques une importance égale à celle des connaissances scientifiques, de placer sur le même rang l'ingénieur praticien et le savant de métier. Ce serait là une erreur complète. Un savant peut très rapidement s'assimiler les connaissances pratiques utiles, mais la réciproque n'est pas vraie. Un ingénieur d'usine arrivera difficilement, et peut-être jamais, à s'assimiler l'usage des méthodes précises de mesure, s'il n'en a pas fait une étude approfondie dès sa jeunesse. L'exemple des laboratoires étrangers est là pour le prouver; le

cas du National Laboratory de Londres est à ce point de vue tout à fait topique. Son directeur, le professeur Glazebrook, est un professeur de Physique connu par des travaux d'optique théorique; le Conseil de ce laboratoire est composé pour moitié de membres de la Société royale de Londres et il est présidé par le président de la Société royale, c'est-à-dire depuis la fondation du laboratoire par Lord Rayleigh, Sir Archibald Geikie, Sir William Crookes et aujourd'hui par J.-J. Thomson. Malgré cette orientation exclusivement scientifique, ce laboratoire a su gagner complètement la confiance des industriels. Ceux-ci n'hésitent pas à le charger à l'occasion de la mise au point de procédés de fabrication; cela sort pourtant un peu des attributions normales d'un laboratoire de recherche scientifique.

Pour la direction efficace d'un semblable laboratoire il faut, à des connaissances scientifiques très étendues, joindre une forte dose de bon sens. Des influences puissantes tendent en effet constamment à détourner l'attention des problèmes les plus importants. Chaque savant, directeur ou chef de service, a ses préférences personnelles, et il lui faut résister à la tentation de sacrifier l'intérêt général à son point de vue particulier. Les industriels, d'autre part, recommandent trop souvent des recherches d'un intérêt douteux ou présentant des difficultés insurmontables de réalisation. Un laboratoire national de recherche a constamment à se défendre contre ces influences perturbatrices ; son succès dépend avant tout du choix des questions mises à l'étude. Il n'est pas possible d'autre part de chercher à éviter ces difficultés en délimitant rigoureusement à l'avance le champ d'activité du laboratoire, car son programme dépend nécessairement de conditions tous les jours variables. Lors de la création du National Laboratory, personne ne pouvait prévoir son rôle capital en temps de guerre.

En dehors du choix du personnel, un second détail d'organisation également important est la division du laboratoire en services distincts. Sur ce point, il est plus difficile encore de formuler des prescriptions générales; il faut dans une large mesure tenir compte de conditions extérieures au laboratoire. Un premier point à trancher est celui de la répartition de l'ensemble des recherches de science industrielle; faut-il les grouper dans un seul établissement ou les diviser entre une série de laboratoires indépendants? C'est aujourd'hui un usage général de séparer les laboratoires de science agronomique de ceux de science industrielle proprement dite. Peut-être y aurait-il lieu de prévoir un troisième laboratoire consacré aux industries chimiques, surtout aux industries organiques. L'industrie du papier, par exemple, est rattachée tantôt au laboratoire de mécanique (Allemagne),

tantôt au laboratoire d'agriculture (États-Unis). En Allemagne, les sciences industrielles proprement dites ont deux laboratoires : le Technische Reichsanstalt chargé des industries mécaniques et de certaines industries chimiques (métallurgie, ciments et papier); le Physikalische Reichsanstalt s'occupant des études relatives à l'électricité, la chaleur et l'optique.

Dans chaque laboratoire, il y a lieu de prévoir en outre des divisions intérieures. On séparera les sciences nécessitant l'usage d'appareils de mesure tout à fait distincts. Le maniement de ces divers appareils ne peut pas être également familier à chaque savant ou opérateur du laboratoire. On a ainsi les cinq sections de métrologie, mécanique, électricité, optique et chaleur. On pourrait même isoler l'une ou l'autre de ces sections pour en faire des laboratoires distincts; certaines situations de fait peuvent justifier cette mesure.

Cette division théorique par catégorie de science n'est jamais complètement respectée dans la pratique; on se trouve généralement conduit à créer des sections spéciales correspondant non plus à une science élémentaire déterminée, mais à une technique particulière, nécessitant pour son étude complète l'emploi simultané de différentes méthodes de mesure. Dans tous les pays étrangers, il y a une section de métallurgie; il y a parfois aussi, comme en Allemagne, une section des ciments et une section des papiers, ou, comme en Angleterre, une section pour l'étude des carènes de navires. Enfin, certaines vérifications exécutées par grande quantité à la fois, comme celles des alcoomètres, des thermomètres médicaux, seront groupées, avantageusement au point de vue de l'organisation du travail et de l'économie de la main-d'œuvre, en subdivisions spéciales de telle ou telle section. Mais toutes ces sections et subdivisions supplémentaires doivent être créées seulement au fur et à mesure des besoins reconnus.

Les considérations précédentes montrent la nécessité urgente de créer en France un laboratoire national de recherche scientifique.

En se bornant actuellement aux recherches de Physique et de Mécanique, ce laboratoire pourrait être placé sous le contrôle de l'Académie des Sciences, comme le National Physical Laboratory est placé sous le contrôle de la Royal Society. Ces deux institutions comptent dans leurs membres des savants d'origine très diverse et des compétences variées. Ainsi serait réalisé le désir si souvent formulé d'une alliance étroite entre la science et l'industrie. L'Académie ne peut manifestement diriger elle-même une telle institution. La direction en serait confiée à un Conseil composé de membres nommés par l'Académie des Sciences, de représen-

tants des divers ministères et de délégués des grands syndicats industriels. Un Comité technique, peu nombreux, serait chargé de contrôler l'activité du laboratoire, de choisir les sujets d'études et d'arrêter les propositions relatives au recrutement du personnel. Un projet sommaire annexé à ce rapport précise le mode de fonctionnement du laboratoire et de nomination du personnel.

Après discussion de ce rapport, le vœu suivant a été voté à l'unanimité :

« *L'Académie des Sciences, convaincue de la nécessite d'organiser en France, d'une manière systématique, certaines recherches scientifiques, émet le vœu de voir créer un Laboratoire national de Physique et de Mécanique, chargé spécialement de poursuivre des recherches scientifiques utiles au progrès de l'industrie.*

» *Comme cela existe dans d'autres pays, ce Laboratoire serait placé sous la direction et le contrôle de l'Académie des Sciences.* »

La séance est levée à 18 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 23 octobre 1916.)

Note de M. *G. Humbert*, Sur quelques fonctions numériques remarquables :

Page 417, ligne 7, *au lieu de* $H(a-z)$, *lire* $H(z-a)$.
» ligne 13, » $\varphi_1(a)$, » $\frac{1}{2}\varphi_1(a)$.
» ligne 14, » $\varphi_2(a)$, » $\frac{1}{2}\varphi_2(a)$.